

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Навчально-науковий інститут «Каразінський інститут міжнародних відносин
та туристичного бізнесу»
Кафедра міжнародних економічних відносин та логістики

Кваліфікаційна робота бакалавра

**на тему: «ОСОБЛИВОСТІ ІМПЛЕМЕНТАЦІЇ СМАРТ-
КОНТРАКТІВ У МІЖНАРОДНІЙ ЛОГІСТИЦІ»**

Виконав:
студент 4 курсу групи УЛМ-41
спеціальності 292 —
«Міжнародні економічні відносини»
освітньої програми «Міжнародна
логістика і митна справа»
першого (бакалаврського)
рівня вищої освіти



Федорінов М. Д.

Науковий керівник:
к.е.н., доц. Григорова-Беренда Л.І.



Рецензент:

Харків – 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Навчально-науковий інститут «Каразінський інститут міжнародних відносин та туристичного бізнесу»

Кафедра міжнародних економічних відносин та логістики

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Спеціальність 292 – «Міжнародні економічні відносини»

Освітня програма – «Міжнародна логістика та митна справа»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри міжнародних
економічних відносин та логістики

Зайцева А.С.

«____» _____ 2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

_____ Федорінов Максим Дмитрович _____
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

1. Тема роботи «Особливості імплементації смарт-контрактів у міжнародній логістиці»

Керівник роботи: Григорова-Беренда Лариса Іванівна, кандидат економічних наук, доцент.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від 05.02.2025 р № 4001-5/302

2. Строк подання студентом роботи _____ 10.05.2025 р. _____

3. Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Розкрити сутність та структуру міжнародної логістики.
2. Визначити можливості автоматизації процесів у міжнародній логістиці.
3. Проаналізувати виклики та проблеми міжнародної логістики, які можуть бути вирішені за допомогою смарт-контрактів.
4. Описати концепцію смарт-контрактів та їх можливості для міжнародної логістики.
5. Дослідити світовий досвід імплементації смарт-контрактів у міжнародні логістичні операції.
6. Оцінити перспективи щодо впровадження смарт-контрактів у логістичні процеси.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1.	Підготовка 1 розділу
2.	Підготовка 2 розділу
3	Висновки
4	Оформлення списку джерел
5	Підготовка наукової публікації
6	Остаточне оформлення роботи відповідно до вимог

5. Дата видачі завдання 06.02.2025

Студент  Федорінов М. Д.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи  Григорова-Беренда Л.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Федорінов М. Д. Особливості імплементації смарт-контрактів у міжнародній логістиці : кваліфікаційна робота бакалавра [Рукопис]. Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2025. 70 с.

Кваліфікаційна робота бакалавра присвячена дослідженню можливостей використання смарт-контрактів у міжнародній логістиці з метою автоматизації бізнес-процесів, підвищення ефективності та прозорості логістичних операцій. Автор розглядає концепцію смарт-контрактів, їх технічні характеристики, функціональність та перспективи впровадження у глобальних логістичних ланцюгах. Особливу увагу приділено аналізу світового досвіду, включаючи кейси з Японії, США, Китаю, країн ЄС та України, а також SWOT-аналізу потенційних переваг та ризиків. У роботі окреслено правові, технічні та інституційні бар'єри впровадження смарт-контрактів в Україні, запропоновано стратегічні рекомендації щодо інтеграції технології у логістичну інфраструктуру. Робота складається зі вступу, двох розділів, висновків; містить 5 рисунків, 3 таблиці, список використаних джерел з 57 найменувань.

У першому розділі розглянуто сутність і структуру міжнародної логістики, сучасні технології автоматизації процесів (ERP, WMS, IoT, блокчейн), а також ідентифіковано ключові виклики, що гальмують ефективність глобальних поставок.

У другому розділі проаналізовано світовий досвід імплементації смарт-контрактів, перспективи їх розвитку, особливості оплати логістичних послуг за допомогою цифрових валют і можливості застосування в Україні.

Ключові слова: міжнародна логістика, смарт-контракти, блокчейн, автоматизація, цифрові валюти, логістичні платформи.

ABSTRACT

Fedorinov M. D. Features of the implementation of smart contracts in international logistics: bachelor's thesis [Manuscript]. Kharkiv: V. N. Karazin Kharkiv National University, 2025. 70 p.

The bachelor's thesis is devoted to the study of the possibilities of using smart contracts in international logistics for the purpose of process automation, efficiency enhancement, and transparency of logistics operations. The author examines the concept of smart contracts, their technical characteristics, functionalities, and prospects for implementation in global supply chains. Particular attention is paid to analyzing global practices, including case studies from Japan, the USA, China, the EU countries, and Ukraine, as well as conducting a SWOT analysis of potential advantages and risks. The paper outlines legal, technical, and institutional barriers to implementing smart contracts in Ukraine and proposes strategic recommendations for integrating the technology into the national logistics infrastructure. The paper consists of an introduction, two chapters, and conclusions; it contains 5 figures, 3 tables, and a list of 57 references. The first chapter examines the structure of international logistics, modern process automation technologies (ERP, WMS, IoT, blockchain), and identifies key challenges hindering global supply chain efficiency.

The second chapter analyzes the global experience of implementing smart contracts, their development prospects, specifics of digital currency-based payments for logistics services, and application possibilities in Ukraine.

Keywords: international logistics, smart contracts, blockchain, automation, digital currencies, logistics platforms.

ЗМІСТ

Вступ	6
Розділ 1. Міжнародна логістика та можливості її автоматизації	9
1.1. Сутність та структура міжнародної логістики	9
1.2. Автоматизація бізнес-процесів у міжнародній логістиці	16
1.3. Виклики та проблеми міжнародної логістики	24
Висновки до першого розділу	30
Розділ 2. Аналіз використання смарт-контрактів у логістичних процесах	33
2.1. Концепція смарт-контрактів та їхні можливості для логістики	33
2.2. Аналіз світового досвіду впровадження смарт-контрактів у логістику	39
2.3. Перспективи впровадження смарт-контрактів у міжнародну логістику	52
Висновки до другого розділу	58
Висновки	60
Список використаних джерел	63
Додатки	70

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасна міжнародна логістика стикається з низкою викликів, пов'язаних із затримками в поставках, людським фактором, високими операційними витратами та юридичною складністю контрактних зобов'язань. За даними World Economic Forum близько 80% світової торгівлі проходить через складні ланцюги постачання, що часто супроводжуються адміністративними витратами, які можуть становити до 20% від загальної вартості товару [1]. Традиційні системи документообігу та управління ланцюгами постачання не завжди забезпечують необхідний рівень прозорості, швидкості та безпеки. Наприклад, у 2021 році глобальний дефіцит контейнерів та порушення логістичних ланцюгів спричинили зростання вартості морських перевезень у середньому на 350% у порівнянні з попередніми роками.

Смарт-контракти, засновані на технології блокчейн, пропонують рішення, що може змінити принципи функціонування логістичних ланцюгів, забезпечуючи автоматичне виконання умов договорів, відсутність необхідності в посередниках та високу ступінь захисту даних. Компанія Maersk спільно з IBM запустила платформу TradeLens, що дозволила скоротити час митного оформлення на 40% завдяки автоматизованим смарт-контрактам. Дослідження показують, що використання смарт-контрактів у логістиці може знизити адміністративні витрати на 50%, зменшити час оформлення вантажів на 30% та значно знизити ризики шахрайства завдяки прозорості та незмінності даних у блокчейні [2].

Дослідження механізмів імплементації смарт-контрактів у міжнародну логістику є важливим як з наукової, так і з практичної точки зору, оскільки дозволяє визначити оптимальні шляхи їх інтеграції, оцінити потенційні переваги та ризики, а також розробити рекомендації щодо ефективного використання цієї технології у глобальному масштабі. Враховуючи, що світовий ринок блокчейн-рішень для логістики оцінюється у близько 3,5 мільярда доларів США із прогнозованим зростанням до 20 мільярдів доларів

до 2030 року [24 2], імплементація смарт-контрактів стає не лише актуальним, але й стратегічно важливим напрямом розвитку міжнародної логістики.

Ступінь вивчення проблеми. Організаційні аспекти використання смарт-контрактів у міжнародній торгівлі та логістиці висвітлено у працях вітчизняних дослідників: Старченко А. [3], Кривенко Ю. [4], Кондратьєв Д. [5], Якимишиної Л. [6] та інших, які досліджують правові виклики, регуляторні бар'єри та практичні механізми впровадження технології в договірні відносини.

Серед відомих дослідників, які займалися проблематикою смарт-контрактів в міжнародній логістиці, слід відмітити таких вчених: Buterin V. [7] Н. Treiblmaier [8], L. Hughes [9], N. Kshetri [10], M. Queiroz [11], F. Casino [12], S. Tönnissen [13], M. Dobrovnik [14], J. Cheng [15] та інших, які аналізують вплив блокчейн-технологій на управління ланцюгами постачання, ефективність логістичних процесів та перспективи їх автоматизації.

Мета дослідження - Обґрунтування механізмів імплементації смарт-контрактів у міжнародну логістику для автоматизації бізнес-процесів та підвищення ефективності логістичних операцій.

Для досягнення визначеної мети ми ставимо такі **завдання**:

1. Розкрити сутність та структуру міжнародної логістики.
2. Визначити можливості автоматизації процесів у міжнародній логістиці.
3. Проаналізувати виклики та проблеми міжнародної логістики, які можуть бути вирішені за допомогою смарт-контрактів.
4. Описати концепцію смарт-контрактів та їх можливості для міжнародної логістики.
5. Дослідити світовий досвід імплементації смарт-контрактів у міжнародні логістичні операції.
6. Оцінити перспективи щодо впровадження смарт-контрактів у логістичні процеси.

Об'єктом дослідження є реалізація міжнародної логістики в умовах діджиталізації.

Предметом дослідження є імплементація смарт-контрактів в міжнародній логістиці.

Використані методи дослідження. У процесі дослідження використовуються теоретичні та емпіричні методи, що забезпечують комплексний підхід до вивчення імплементації смарт-контрактів у міжнародну логістику. Для аналізу сутності та структури міжнародної логістики застосовується аналіз літературних джерел та системний підхід, що дозволяє визначити ключові елементи логістичних ланцюгів та сучасні тенденції їх розвитку. Дослідження можливостей автоматизації процесів у логістиці базується на порівняльному аналізі технологій та індуктивно-дедуктивному підході, що сприяє оцінці їх ефективності. Виклики та проблеми міжнародної логістики оцінюються за допомогою SWOT-аналізу, що дозволяє ідентифікувати ключові бар'єри та потенційні вигоди від впровадження смарт-контрактів.

Для вивчення концепції смарт-контрактів та їх можливостей у міжнародній логістиці застосовується контент-аналіз наукових та технічних джерел, що допомагає систематизувати основні принципи роботи цієї технології. Аналіз світового досвіду базується на методі кейс-стаді та порівняльному аналізі, що дає змогу оцінити ефективність імплементації у різних країнах.

Структура роботи. Робота складається із вступу, 2-х розділів та висновків; містить 70 сторінок тексту, 5 рисунків, 3 таблиць. Список джерел налічує 57 найменувань літератури.

РОЗДІЛ 1. МІЖНАРОДНА ЛОГІСТИКА ТА МОЖЛИВОСТІ ЇЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1. Сутність та структура міжнародної логістики

Міжнародна логістика є ключовим елементом глобальної економіки, забезпечуючи ефективне переміщення товарів, інформації та фінансових ресурсів між країнами. Вона охоплює управління ланцюгами постачання, транспортування, митне оформлення, складську логістику та інші процеси, що сприяють оптимізації міжнародної торгівлі. Сучасна логістика є основою міжнародних економічних відносин, оскільки забезпечує ефективний рух товарів від виробника до кінцевого споживача, знижує витрати та підвищує швидкість поставок.

Перші концепції логістики зародилися у військовій сфері. Ще у Стародавній Греції та Римі існували розвинені системи постачання військових підрозділів продовольством, зброєю та іншими необхідними ресурсами. У період Середньовіччя міжнародна торгівля розширила масштаби логістичних процесів, створюючи складні маршрути перевезення товарів із використанням морських шляхів, караванних маршрутів та торгових станцій.

У XIX столітті логістика почала відігравати важливу роль у промислових та торговельних процесах, зокрема, з розвитком залізничного транспорту та морських перевезень. Промислова революція дала поштовх створенню централізованих складських комплексів та вдосконаленню системи дистрибуції товарів.

У XX столітті міжнародна логістика отримала значний розвиток завдяки глобалізації та інтеграції світових ринків. Наприклад, створення контейнеризації у 1950-х роках М. Макліном стало революційним кроком у логістиці, що дозволило значно знизити витрати на транспортування [16]. Введення концепцій "точно вчасно" (JIT) та "Lean Logistics" у 1980-х роках

дозволило оптимізувати використання ресурсів та мінімізувати витрати на зберігання продукції.

Згідно з дослідженнями MacCarthy et al., міжнародна логістика визначається як інтегрована система управління матеріальними потоками та супутньою інформацією, що здійснюється в межах глобальних ланцюгів постачання. Українські дослідники, такі як Якимишина Л. Я., підкреслюють роль цифровізації та інноваційних технологій у підвищенні ефективності міжнародних логістичних операцій [6, с. 92].

Європейська логістична асоціація (ELA) визначає міжнародну логістику як сукупність процесів, спрямованих на ефективну координацію всіх ланок міжнародного постачання, зокрема розподілу товарів, контролю запасів та інформаційних технологій. У свою чергу, американський логістичний центр Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP) акцентує увагу на стратегічному управлінні міжнародними логістичними потоками, що охоплює використання автоматизованих систем моніторингу та оптимізації ресурсів.

Згідно [6] міжнародна логістика – це система організації руху товарів через митні кордони держав із застосуванням сучасних інформаційних технологій та цифрових рішень, що дозволяють мінімізувати витрати та час поставки.

Різні наукові школи трактують міжнародну логістику по-різному. Наприклад, американська школа логістики зосереджується на оптимізації транспортних потоків та мінімізації витрат, тоді як європейська школа приділяє більше уваги екологічним аспектам та інтеграції сталого розвитку у логістичні процеси. Японська концепція "точно в строк" (Just-in-Time, JIT) активно використовується у виробничих ланцюгах та дозволяє зменшити запаси й оптимізувати постачання.

Міжнародна логістика включає кілька ключових елементів:

Транспортування – організація перевезення вантажів між країнами (морські, авіаційні, залізничні та автомобільні перевезення) [10, с. 48].

Митне оформлення – процес проходження товарів через митницю, включаючи сплату податків, митних зборів і дотримання міжнародних регуляторних норм.

Складська логістика – управління розподільчими центрами, оптимізація зберігання товарів та автоматизація процесів на складах.

Фінансові потоки та управління ризиками – включає страхування вантажів, міжнародні платежі та хеджування валютних ризиків [17].

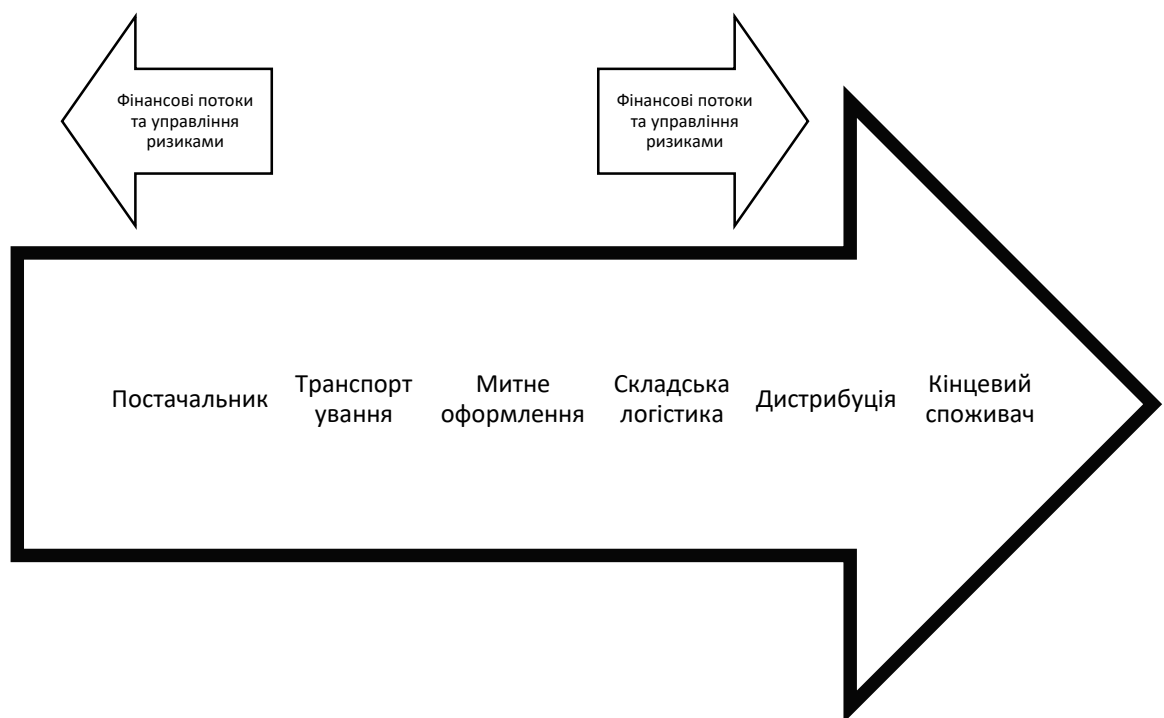


Рис.1.1. Основні складові міжнародної логістики*

Джерело: складено автором на основі [17].

*Постачальник - Виробник або постачальник товарів, які підлягають міжнародному транспортуванню.

Транспортування - Процес перевезення товарів між країнами за допомогою різних видів транспорту (морського, авіаційного, залізничного, автомобільного).

Митне оформлення - Процедури, пов'язані з перетином товарів через митний кордон, включаючи сплату податків, митних зборів та дотримання регуляторних норм.

Складська логістика- Управління розподільчими центрами, оптимізація зберігання товарів та автоматизація процесів на складах.

Дистрибуція - Розподіл товарів до кінцевих споживачів через різні канали збуту.

Кінцевий споживач - Одержувач товару, для якого призначений продукт.

Логістика, як галузь управління потоками товарів, ресурсів та інформації, має дві основні категорії: внутрішню логістику та міжнародну логістику. Обидві ці сфери мають свої особливості, переваги та складнощі, які визначають підхід до організації транспортних, складських та фінансових операцій.

Основною відмінністю між внутрішньою та міжнародною логістикою є географічний масштаб діяльності. Внутрішня логістика оперує в межах однієї країни, де товари транспортуються між містами та регіонами без необхідності перетину державних кордонів. У свою чергу, міжнародна логістика передбачає перетинання кордонів, що додає складнощів у вигляді митного регулювання, торгових угод, валютного контролю та різних правових норм.

Внутрішня логістика підпорядковується єдиній системі національного законодавства, що спрощує процеси документообігу, митного оформлення та стандартизації товарів. Водночас міжнародна логістика передбачає необхідність дотримання міжнародних норм, двосторонніх або багатосторонніх торговельних угод, правил Світової організації торгівлі (СОТ), митних тарифів і нетарифних обмежень. Наприклад, у країнах Європейського Союзу діє єдина митна політика, що значно спрощує логістичні процеси в межах блоку, але ускладнює взаємодію з третіми країнами [18].

Внутрішня логістика часто базується на автомобільних і залізничних перевезеннях, оскільки вони забезпечують ефективну доставку на короткі та середні відстані. Водночас міжнародна логістика значно більше залежить від морського та авіаційного транспорту, які дозволяють перевозити великі обсяги вантажів між континентами. Різниця у транспортних стратегічних підходах впливає на швидкість, собівартість та складність управління поставками.

Внутрішня логістика зазвичай оперує в одній валютній системі, що значно спрощує фінансові операції та розрахунки. На противагу цьому, міжнародна логістика вимагає управління валютними ризиками через коливання курсів валют, використання міжнародних систем платежів та

необхідність страхування фінансових ризиків. Використання механізмів хеджування ризиків та міжнародних платіжних інструментів (акредитиви, банківські гарантії) стає необхідністю для компаній, що здійснюють міжнародні перевезення.

Одним із ключових викликів міжнародної логістики є необхідність врахування культурних особливостей, мовних бар'єрів та ділової етики різних країн. Внутрішня логістика уникає таких складнощів, оскільки всі учасники процесу діють в однаковому соціально-культурному середовищі. У міжнародних операціях необхідно адаптувати комунікаційні стратегії, враховувати особливості ведення бізнесу в різних країнах та забезпечувати відповідність контрактної документації міжнародним стандартам [19].

Таким чином, внутрішня та міжнародна логістика мають значні відмінності у сфері регулювання, транспортування, фінансових потоків і управління ризиками. Міжнародна логістика є більш складною, оскільки включає митні процедури, валютні ризики, культурні бар'єри та необхідність координації між різними національними правовими системами. Водночас вона відкриває нові можливості для розширення ринків, зниження витрат через глобальне постачання та інтеграцію цифрових технологій. Розуміння цих відмінностей допомагає бізнесу обирати оптимальні логістичні стратегії та підвищувати ефективність операцій на міжнародному рівні.

Однією з ключових тенденцій міжнародної логістики є розвиток глобальних логістичних хабів, які служать центральними вузлами для обробки та транспортування вантажів між регіонами. До найбільших та найважливіших логістичних хабів світу належать:

- Порт Сінгапура – один із найбільш завантажених контейнерних портів у світі, через який проходить значна частина азіатської торгівлі. Використання автоматизованих кранів і роботизованих контейнерних платформ дозволило значно збільшити ефективність порту.

- Роттердамський порт (Нідерланди) – найбільший порт Європи, який функціонує як ключова точка для перевезення вантажів між Азією, Америкою

та Європою. Інвестування у "зелені" технології дозволяє значно скоротити викиди CO₂ під час логістичних операцій.

- Шанхайський порт (Китай) – лідер за обсягами контейнерних перевезень у світі, що використовує передові цифрові технології для оптимізації руху вантажів та скорочення часу їх обробки.

Значення глобальних логістичних хабів постійно зростає, оскільки вони відіграють вирішальну роль у забезпеченні безперебійного транспортування вантажів, прискоренні митних процедур і мінімізації ризиків затримок. Експерти прогнозують, що до 2030 року інвестиції у розвиток логістичних хабів перевищать 1,5 трильйона доларів США, що свідчить про їхню стратегічну важливість для міжнародної торгівлі [20].

Сучасні дослідження демонструють значний вплив міжнародної логістики на світову економіку. Наприклад, за оцінками Світового банку, витрати на логістику становлять у середньому 10–15% ВВП більшості країн світу, а для країн, що розвиваються, цей показник може сягати до 25% через неефективні логістичні процеси [21].

У 2021 році світовий ринок логістики оцінювався у 10,4 трильйона доларів США, причому найбільшими гравцями на ринку залишаються логістичні компанії, такі як DHL, FedEx, Maersk, MSC. Тільки компанія Maersk володіє 2,6 млн TEU і оперує близько 700 суден, половина з яких знаходиться в її власності.

Логістична галузь сприяє підприємницькій торговельній діяльності між двома або більше сторонами шляхом транспортування, зберігання та доставки товарів через мережі постачання типу B2B, B2C або C2C. Наразі логістичні компанії надають послуги з перевезення вантажів наземним, повітряним і водним транспортом, адаптуючись до змін у структурі економіки та процесів цифровізації. Як одна з опор міжнародної торгівлі, логістична галузь у світі в 2021 році оцінювалась у понад 8,4 трильйона євро, а до 2027 року очікується, що її обсяг перевищить 13,7 трильйона євро. Відповідно, загальні глобальні витрати на логістику у 2020 році зросли до дев'яти трильйонів доларів США.

Це становить 10,7 % світового валового внутрішнього продукту (ВВП), який у тому році склав 85,24 трильйона доларів США.

Логістичний ринок Азійсько-Тихоокеанського регіону є найбільшим у світі, а його обсяг лише у 2020 році становив близько 3,9 трильйона доларів США. Лідерство регіону пояснюється розширенням торговельних маршрутів і перенесенням промислового виробництва до азійських країн. Наприклад, обсяг контейнерних перевезень усередині Азії перевищував будь-який інший торговий напрям у світі, досягнувши 41,5 мільйона TEU у 2021 році [55].

Отже ми бачимо стрімке зростання цього ринку, відтак технологічні трансформації також займають значну частину загального прогресу.

Інноваційні технології поступово змінюють міжнародну логістику. Наприклад:

- Використання IoT (Інтернету речей) дозволяє відстежувати вантажі в реальному часі та запобігати втратам.
- Технологія блокчейн забезпечує прозорість у відстеженні руху товарів та підвищує безпеку операцій.
- Впровадження автоматизованих складських систем знижує операційні витрати на 30–40% у порівнянні з традиційними методами управління.
- Штучний інтелект (AI) та машинне навчання – використовуються для прогнозування попиту, оптимізації маршрутів перевезення та управління логістичними ланцюгами.

Пандемія суттєво вплинула на глобальні логістичні ланцюги, спричинивши затримки у поставках та значне підвищення вартості перевезень. За даними Deloitte, у 2021 році вартість контейнерних перевезень зросла на 350% у порівнянні з попередніми роками через глобальний дефіцит контейнерів [22]. Крім того, пандемія сприяла активному переходу до цифровізації логістичних процесів та впровадженню безконтактних технологій у логістичних операціях.

Міжнародна логістика є складною, багатофункціональною системою, яка забезпечує ефективний рух товарів, фінансів та інформації між країнами. Її

структура включає транспортування, складську логістику, митне оформлення та управління фінансовими потоками. Визначено основні концепції міжнародної логістики, представлені різними науковими школами, що робить можливим аналіз та адаптацію найкращих практик для підвищення ефективності міжнародної торгівлі. Сучасні тренди, такі як цифровізація, блокчейн, розвиток логістичних хабів та екологічна логістика, відіграють ключову роль у підвищенні ефективності логістичних процесів та мінімізації ризиків у міжнародній торгівлі. Завдяки інтеграції інноваційних технологій та глобалізації процесів міжнародна логістика продовжує активно розвиватися, сприяючи підвищенню ефективності світової торгівлі.

1.2. Автоматизація бізнес-процесів у міжнародній логістиці

Автоматизація є ключовим напрямом розвитку міжнародної логістики, що забезпечує ефективність перевезень, зменшення витрат та усунення людського фактора. Завдяки цифровим технологіям компанії можуть покращити відстеження вантажів, оптимізувати маршрути та скоротити час виконання логістичних операцій. Вона включає автоматизацію складів, транспортування, управління логістичними ланцюгами та митними процедурами, що значно підвищує продуктивність і мінімізує ризики затримок.

Інтернет речей (IoT) – це концепція, що передбачає використання мережі взаємопов'язаних фізичних пристроїв, сенсорів та програмного забезпечення для збору, передачі та аналізу даних у реальному часі. Технологія виникла у 1990-х роках, коли почали з'являтися перші розробки смарт-сенсорів та систем віддаленого моніторингу. Масове використання IoT у логістиці стало можливим завдяки розвитку бездротових мереж, зниженню вартості датчиків та підвищенню обчислювальних потужностей.

IoT дозволяє в режимі реального часу відстежувати місцезнаходження вантажів, використовуючи сенсори, RFID та GPS-трекери. Наприклад,

компанія Maersk використовує IoT у контейнерах для моніторингу температури та вологості під час транспортування чутливих вантажів [19]. Така технологія зменшує ризики втрат та пошкодження товарів, підвищуючи точність логістичних процесів. Завдяки застосуванню IoT у міжнародній логістиці скорочуються витрати на моніторинг та управління поставками, підвищується прозорість та безпека логістичних операцій, оптимізується використання ресурсів завдяки прогнозуванню потреб [19]. Ось деякі технологічні рішення які активно використовуються в сучасній міжнародній логістиці:

1. RFID та сенсори – дозволяють ідентифікувати та відстежувати товари без необхідності фізичного контакту.
2. GPS та системи геолокації – надають точну інформацію про місцезнаходження вантажів у реальному часі.
3. Хмарні платформи – забезпечують обробку, аналіз та візуалізацію зібраних даних.
4. Big Data та штучний інтелект – використовуються для прогнозування можливих затримок, оптимізації маршрутів та управління запасами.

DHL застосовує інтелектуальні сенсорні платформи SmartSensor IoT для контролю стану та температури вантажів у реальному часі [23]. Amazon використовує IoT у своїх фулфілмент-центрах для автоматизованого сортування та відстеження товарів. GE Transportation впровадила IoT у залізничній логістиці для моніторингу руху поїздів та оптимізації використання паливних ресурсів/

Існує кілька теоретичних підходів до впровадження IoT у міжнародну логістику:

1. Концепція "Connected Logistics" – передбачає повну інтеграцію всіх логістичних операцій через єдину IoT-інфраструктуру, що забезпечує безперервний обмін даними між всіма учасниками процесу.

2. Модель "Real-Time Visibility" – фокусується на можливості відстеження та управління ланцюгами постачання в режимі реального часу.
3. Теорія "Smart Logistics" – акцентує увагу на використанні AI та IoT для автономного управління транспортом та складськими процесами.

Попри значні переваги, використання IoT у міжнародній логістиці стикається з такими викликами: Кібербезпека – ризики злому мереж та витоку конфіденційних даних; Інфраструктурні обмеження – у країнах із слабо розвиненою цифровою економікою технологія не може реалізовуватися повною мірою; Високі витрати на впровадження – необхідність значних інвестицій у сенсори, хмарні рішення та аналітичні платформи.

З розвитком технологій 5G та штучного інтелекту IoT продовжить трансформувати міжнародну логістику, забезпечуючи ще більшу ефективність, автоматизацію та аналітичні можливості для оптимізації поставок. IoT дозволяє в режимі реального часу відстежувати місцезнаходження вантажів, використовуючи сенсори, RFID та GPS-трекери. Наприклад, компанія Maersk використовує IoT у контейнерах для моніторингу температури та вологості під час транспортування чутливих вантажів [24]. Такі технології зменшують ризики втрат та пошкодження товарів, підвищуючи точність логістичних процесів.

AI допомагає у прогнозуванні попиту, автоматизації логістичних процесів та управлінні запасами. Системи штучного інтелекту використовуються для аналізу великих обсягів даних, оптимізації маршрутів та управління запасами в режимі реального часу. Наприклад, Amazon застосовує AI у своїх фулфілмент-центрах для аналізу даних про замовлення та оптимізації логістичних операцій, що дозволяє скоротити час доставки на 30%. Також компанія DHL використовує AI для автоматизованого прогнозування затримок постачань та аналізу факторів ризику у міжнародних перевезеннях.

Машинне навчання відіграє ключову роль у підвищенні точності прогнозування попиту. Наприклад, алгоритми глибокого навчання

використовуються для виявлення трендів у купівельній поведінці, що дозволяє компаніям заздалегідь адаптувати логістичні ланцюги. Крім того, AI використовується для автоматизації прийняття рішень у логістичних центрах – роботизовані системи самостійно визначають оптимальні шляхи сортування та зберігання товарів, що знижує витрати на операційні процеси.

Серед ключових наукових концепцій, що застосовуються в AI-логістиці, варто відзначити «Теорію динамічного управління запасами», яка розглядає AI як засіб оптимізації розподілу товарів у режимі реального часу. Також важливу роль відіграє «Концепція предиктивної аналітики», що базується на аналізі історичних даних та прогнозуванні можливих затримок у поставках.

Блокчейн-технології використовуються для забезпечення прозорості логістичних операцій та автоматизації контрактів. Основні функції блокчейну у логістиці включають децентралізовані реєстри, що забезпечують незмінність даних, а також смарт-контракти, які дозволяють автоматично виконувати угоди без посередників. Наприклад, платформа TradeLens від IBM та Maersk скоротила час митного оформлення на 40% завдяки автоматизованій верифікації документів та усуненню бюрократичних процесів [2]. Крім того, VeChain застосовує блокчейн для управління логістичними ланцюгами у сфері роздрібної торгівлі та фармацевтики, що забезпечує повну простежуваність продукції. За даними IBM Food Trust, використання блокчейну дозволяє скоротити час відстеження товарів у глобальних ланцюгах постачання з кількох днів до кількох секунд, що суттєво знижує ризики втрат і шахрайства. Впровадження блокчейну сприяє усуненню бюрократичних затримок, підвищує рівень довіри між учасниками логістичних ланцюгів та знижує витрати на адміністративні процеси.

Компанії, такі як Alibaba та Amazon, широко використовують роботизовані склади, що дозволяє зменшити витрати на персонал та підвищити швидкість обробки замовлень на 30–40% [39]. Автоматизовані системи управління запасами (WMS) знижують рівень помилок при обліку товарів та оптимізують простір у логістичних центрах.

Системи управління складськими запасами (Warehouse Management Systems, WMS) – це програмні рішення, які допомагають підприємствам оптимізувати контроль за складськими операціями, підвищувати точність обліку запасів та автоматизувати процеси зберігання товарів. Вони відіграють важливу роль у міжнародній логістиці, дозволяючи компаніям знижувати витрати, покращувати точність відвантажень та скорочувати час обробки замовлень.

WMS-системи включають наступні функціональні можливості, а саме - моніторинг запасів у реальному часі – використання RFID, штрих-кодів і сенсорних технологій для точного відстеження місцезнаходження товарів [25].

Автоматизація процесів прийому та відвантаження – інтеграція з ERP-системами та TMS (Transport Management Systems) для оптимізації логістичних процесів.

Оптимізація складського простору – WMS дозволяє раціонально використовувати складські приміщення, визначаючи оптимальні місця для розміщення товарів. Основні компоненти WMS-системи відображені в таблиці 1. Управління людськими ресурсами – планування роботи персоналу, автоматичний розподіл завдань та контроль ефективності виконання операцій [24].

WMS-системи широко застосовуються у міжнародних логістичних компаніях, зокрема DHL, FedEx, Maersk, що дозволяє їм значно скорочувати витрати на управління запасами та підвищувати ефективність складських процесів. Наприклад, FedEx використовує систему Manhattan WMS, яка дозволяє обробляти мільйони замовлень щодня, скорочуючи витрати на зберігання та оптимізуючи маршрути доставки [25].

WMS-системи будуються за модульним принципом, що дозволяє компаніям адаптувати рішення під свої потреби. Вони працюють на основі наступних ключових принципів:

- Централізоване управління даними – єдина база даних забезпечує інтеграцію між складом, логістикою та постачальниками.

- Хмарні технології – багато сучасних WMS є SaaS-рішеннями, що дозволяє компаніям зменшувати витрати на інфраструктуру та підвищувати гнучкість управління.
- Модульний підхід – компанії можуть додавати або прибирати певні функції WMS залежно від своїх потреб [27].

Таблиця 1.1

Основні компоненти WMS-системи у міжнародній логістиці

Компонент WMS	Функціональність
Управління запасами	Моніторинг руху товарів, відстеження рівня запасів
Інтеграція з ERP	Обмін даними з фінансовими та транспортними системами
Автоматизація процесів	Оптимізація прийому, зберігання та відвантаження товарів
Контроль продуктивності	Аналіз ефективності роботи складу та персоналу
Взаємодія з постачальниками	Управління замовленнями та контроль поставок

Джерело: [25], [26].

Впровадження WMS у міжнародній логістиці дозволяє компаніям скорочувати помилки під час інвентаризації до 99%, зменшувати витрати на утримання запасів та підвищувати швидкість обробки замовлень.

Таким чином, WMS є важливим інструментом оптимізації складських операцій у міжнародній логістиці, сприяючи підвищенню ефективності, зниженню витрат та покращенню якості обслуговування клієнтів. WMS допомагає компаніям контролювати рівень запасів у режимі реального часу та автоматизувати процеси замовлення товарів.

ERP-системи (Enterprise Resource Planning) — це програмні комплекси, які інтегрують логістичні операції з іншими бізнес-процесами, такими як управління фінансами, персоналом, закупівлями та ланцюгами постачання. Опис системи див. табл.1.2. Вони забезпечують єдиний інформаційний простір, що дозволяє компаніям ефективно координувати операційні процеси

та приймати стратегічні рішення в режимі реального часу. Наприклад, SAP S/4HANA є однією з найпопулярніших ERP-систем у світі, яка використовується великими міжнародними корпораціями для централізованого управління ланцюгами постачання та фінансового планування [12, с. 78].

Іноземні дослідники, такі як М. Christopher та Н. Treiblmaier, зазначають, що ERP-системи відіграють важливу роль у підвищенні прозорості та ефективності логістичних процесів шляхом зниження витрат на операційну діяльність та прискорення обміну інформацією між відділами компанії [44, с. 87]. За даними Deloitte, використання ERP дозволяє скоротити логістичні витрати компаній на 20–30% завдяки оптимізації складських запасів та автоматизації процесів закупівель [21, с. 67].

Таблиця 1.2

ERP-система в логістичному управлінні

Функція ERP	Опис
Управління запасами	Моніторинг рівня запасів, оптимізація постачання, попередження дефіциту
Фінансовий контроль	Автоматизація бюджетування, контроль витрат, прогнозування фінансових потоків
Транспортна логістика	Оптимізація маршрутів, планування вантажних перевезень
Документообіг	Автоматизація обробки контрактів, накладних та митних декларацій
Взаємодія з постачальниками	Контроль замовлень, управління партнерськими відносинами

Джерело: [28].

ERP-системи мають різні концепції та підходи. Американська школа управління (представники — М. Hammer, J. Champy) акцентує увагу на процесному підході ERP, де головна мета — мінімізація операційних витрат і підвищення продуктивності за рахунок оптимізації бізнес-процесів. Європейська школа логістики (J. Olhager, B. MacCarthy) підкреслює роль ERP

у стратегічному управлінні ланцюгами постачання, забезпеченні гнучкості та адаптивності бізнесу до змін на ринку [29].

TradeLens дозволила скоротити бюрократичні процедури у міжнародній логістиці та підвищити прозорість постачан.

Компанія Tesla розробляє автономні вантажівки, що можуть суттєво зменшити витрати на паливо та персонал. Дрони для доставки, які використовують Amazon Prime Air та DHL, скорочують час доставки та знижують витрати на транспортування [23].

Цифровізація митних процедур дозволяє скоротити час перевірки товарів та зменшити адміністративні витрати. Впровадження блокчейн-інструментів у митному регулюванні сприяє зменшенню корупційних ризиків, автоматизації обробки митних декларацій та прискоренню процесу оформлення вантажів.

На концептуальному рівні автоматизація митних процедур ґрунтується на теорії "Digital Customs", яка передбачає використання цифрових технологій для підвищення ефективності митного контролю та управління ризиками. Використання технології розподілених реєстрів забезпечує незмінність даних та усуває можливість фальсифікацій під час проходження митних процедур.

Згідно з дослідженнями Всесвітньої митної організації, цифровізація митних процесів сприяє покращенню міжнародної торгівлі, оскільки знижує витрати на операційну діяльність та мінімізує людський фактор. Крім того, автоматизовані системи управління ризиками, що базуються на штучному інтелекті, здатні аналізувати великі обсяги даних та ідентифікувати потенційні загрози у міжнародних поставках.

Інвестиції у цифрову трансформацію можуть бути значними, що є бар'єром для малих та середніх підприємств.

Необхідність підготовки фахівців у сфері цифрової логістики є важливим аспектом розвитку автоматизації.

Автоматизація міжнародної логістики потребує адаптації до законодавства різних країн, що може створювати труднощі для компаній.

Очікується, що розвиток 5G, хмарних технологій та цифрових двійників сприятиме подальшій автоматизації міжнародних перевезень. Зокрема, технологія Digital Twins дозволяє симулювати логістичні процеси та прогнозувати можливі ризики. Розвиток автономних транспортних засобів та застосування штучного інтелекту у логістиці відкривають перспективи для значного зниження операційних витрат та підвищення ефективності перевезень [30].

Автоматизація міжнародної логістики є ключовим фактором підвищення ефективності логістичних операцій. Впровадження IoT, блокчейн-технологій, AI та роботизації складів дозволяє зменшити витрати та прискорити процеси постачання. Незважаючи на виклики, цифровізація логістики відкриває нові можливості для глобального ринку.

1.3. Виклики та проблеми міжнародної логістики

Система міжнародної логістики функціонує в умовах постійної динаміки глобального середовища, що ускладнює її стабільне функціонування. Проблематика ефективності логістичних ланцюгів, зокрема у міжнародному вимірі, охоплює як традиційні, так і новітні виклики, які пов'язані з політичною, технологічною, правовою, екологічною та соціальною сферами. Їхнє своєчасне виявлення та аналіз мають суттєве значення для формування адаптивної логістичної стратегії та підвищення конкурентоспроможності логістичних операторів.

Одним з найгостріших чинників, що впливають на ефективність міжнародної логістики, є геополітична нестабільність. За даними Logistics Performance Index, у 2022 році понад 32% підприємств зазнали прямих втрат унаслідок збройних конфліктів або торговельних обмежень. Військові дії, санкції, обмеження доступу до ключових транзитних маршрутів і зміни у зовнішньоекономічній політиці окремих країн призводять до серйозних збоїв

у ланцюгах постачання. Згідно з оцінкою Deloitte, вартість контейнерних перевезень у 2021 році зросла на понад 350% унаслідок глобального транспортного колапсу, що був спричинений поєднанням політичних і пандемічних факторів [21].

Інфраструктурні обмеження залишаються однією з критичних проблем, особливо у країнах із середнім та низьким рівнем доходу. За статистикою Світового банку, понад 60% морських портів у країнах, що розвиваються, не відповідають міжнародним стандартам ефективності обробки вантажів. Недостатня пропускна здатність, зношеність дорожньо-транспортної мережі, слабка інтеграція логістичних систем негативно позначаються на швидкості обслуговування і збільшують логістичні витрати до 20–25% від загальної вартості товару [21].

Фрагментація регуляторного поля у міжнародній логістиці також є серйозною проблемою. За даними Міжнародної торгової палати (ІСС), через несумісність регуляторних вимог на рівні різних країн компанії витрачають додатково від 5 до 15% бюджету на адаптацію контрактів, сертифікатів і логістичної документації. Це значно ускладнює транскордонні поставки, особливо для МСП. У дослідженні Європейської економічної комісії зазначається, що в середньому 12–18% затримок на митниці пов'язані з недоліками гармонізації процедур між суміжними країнами. Впровадження електронних митних платформ і єдиних правил сертифікації допомогло б скоротити ці затримки до 6–8%. Крім того, фрагментація створює правову невизначеність: контрагенти не завжди впевнені, які норми є пріоритетними у разі суперечностей у контракті. За оцінкою ІСС, понад 20% компаній у 2023 році втратили контракти або зазнали штрафних санкцій саме через неправильну адаптацію контрактних положень до вимог юрисдикцій партнерів. Особливо вразливими до таких ризиків є МСП, які не мають внутрішніх юридичних департаментів. Таким чином, уніфікація правил міжнародної торгівлі та розвиток багатосторонніх угод про спрощення

процедур має стати стратегічним пріоритетом у розвитку логістичних систем нового покоління.

Кадровий дефіцит у сфері міжнародної логістики є системною проблемою. Згідно з дослідженням International Transport Forum, до 2025 року брак кваліфікованих кадрів у транспортно-логістичному секторі сягне 1,2 млн працівників у Європі. Це спричинено як старінням кадрів, так і відсутністю сучасних освітніх програм, орієнтованих на цифрову логістику [31].

Паперовий документообіг залишається стримувальним фактором цифровізації. За оцінками McKinsey, до 65% логістичних компаній у світі все ще значною мірою покладаються на фізичні носії для оформлення контрактів, сертифікатів та митних декларацій. Це уповільнює обробку вантажів, збільшує адміністративні витрати на 30–40% і підвищує ризики помилок та шахрайства. У 2022 році понад 80% компаній, які стикалися з проблемами в митному оформленні, вказували на затримки через паперові процедури. Згідно з аналітичним звітом McKinsey, обсяг часу на узгодження фізичних транспортних накладних перевищує 4 години в середньому на одну поставку, тоді як електронний обмін дозволяє скоротити цей час до 20 хвилин. Крім того, використання фізичних носіїв підвищує вразливість до шахрайських схем: за підрахунками ІСС, до 10% логістичних втрат пов'язані з фальсифікацією паперових документів. Повільний перехід до цифрових рішень пояснюється не лише технічними бар'єрами, а й правовими обмеженнями, адже у багатьох юрисдикціях електронні накладні все ще не мають повної юридичної сили [32].

В умовах глобальних кліматичних змін міжнародна логістика стикається з екологічними викликами. Сектор логістики забезпечує близько 11% світових викидів парникових газів, при цьому морські перевезення генерують 940 млн тонн CO₂ на рік. Вимоги до декарбонізації транспортних ланцюгів посилюються, змушуючи компанії інвестувати в "зелені" технології та альтернативні види палива [32].



Рис. 1.2. Виклики впровадження смарт-контрактів у міжнародні логістику

Джерело: складено автором на основі [32].

Нерівномірність впровадження технологій залишається суттєвою проблемою. Лише 23% логістичних компаній використовують AI для прогнозування попиту чи планування маршрутів, згідно з Gartner (2023). У країнах з низьким рівнем цифрової інфраструктури частка підприємств, що застосовують автоматизацію або блокчейн, не перевищує 10%. Водночас цифрова трансформація логістики є критичним фактором підвищення її адаптивності до ризиків та вимог клієнтів. Дослідження Gartner показує, що компанії, які впровадили AI у процеси оптимізації маршрутів, змогли скоротити витрати на перевезення на 8–12%, а час доставки – у середньому на 14%. Проте основними бар'єрами цифровізації залишаються відсутність цифрової стратегії, опір змінам з боку персоналу та недостатня інтеграція між

ІТ-системами компаній та партнерів. Крім того, у країнах із нестабільною економікою компанії часто не мають доступу до дешевих кредитів або державних програм цифровізації. Відповідно, технологічна асиметрія між великими міжнародними гравцями та МСП зростає, створюючи нерівні умови конкуренції на глобальному ринку [33].

Зростання цифровізації водночас підвищує кіберзагрози. За даними IBM, у 2022 році понад 28% усіх кібератак були спрямовані на логістичний сектор. Основними ризиками є компрометація даних вантажів, хакерські атаки на навігаційні системи та блокування митних платформ. Витрати на кібербезпеку в логістиці зросли на 18% у порівнянні з попереднім роком.

Фінансові виклики також є суттєвими. У 2023 році середнє зростання цін на паливо склало понад 22%, що безпосередньо позначилось на фрахтових ставках. За даними OECD, валютні коливання знижують прибутковість експортно-імпортних операцій на 10–15% у нестабільних регіонах.

Культурні бар'єри, мовна різниця та специфіка ділового етикету залишаються малодослідженим, але важливим чинником. За результатами опитування, проведеного серед логістичних менеджерів у 38 країнах, понад 40% вказали на непорозуміння у спілкуванні з контрагентами як на причину затримок або зриву контрактів. Такі труднощі охоплюють не лише мовні обмеження, а й різне сприйняття часу, структури влади, стилю управління, ролі формальності та підходів до ведення переговорів. Наприклад, у німецькій культурі комунікація є прямою і лаконічною, тоді як у японській — ієрархічною і завуальованою, що може призводити до неоднозначного трактування домовленостей. У глобальній логістиці також важливо враховувати особливості невербальної комунікації: наприклад, уникнення зорового контакту в арабських країнах може тлумачитися як повага, тоді як у західній культурі — як уникнення відповідальності. За даними досліджень Hofstede Insights, понад 60% випадків зриву угод пов'язані з недооцінкою міжкультурного чинника. Водночас підприємства, що впровадили міжкультурне навчання для своїх логістичних менеджерів, у середньому на

30% знизили кількість конфліктних ситуацій з іноземними партнерами. Таким чином, розвиток міжкультурної компетентності має стати пріоритетом у підготовці фахівців для міжнародної логістики. Водночас культурна недоречність комунікації не обмежується лише мовним бар'єром — вона також проявляється у різному розумінні ролі часу, ієрархії, відповідальності, формальності й навіть невербальної поведінки. Наприклад, у країнах з високим рівнем уникнення невизначеності, таких як Франція чи Японія, очікується точне дотримання процедур, тоді як у країнах із більш гнучкою культурою, як-от Індія чи Бразилія, припустимі відхилення й адаптація на місці. За даними дослідження Hofstede Insights, неврахування цих розбіжностей призводить до втрати довіри та зниження ефективності співпраці. Крім того, важливим чинником є здатність до міжкультурної адаптації — менеджери, які мають міжкультурну підготовку або досвід, на 27% ефективніше досягають успішного завершення міжнародних угод. Тому сучасна логістика потребує не лише цифрової та технічної трансформації, а й поглиблення компетенцій у сфері крос-культурної комунікації, що повинно стати складовою навчання логістів нового покоління [34].

Таким чином, міжнародна логістика функціонує в умовах складного багаторівневого середовища, в якому одночасно діють політичні, економічні, екологічні, правові, технологічні та культурні фактори. Аналіз актуальних викликів засвідчив, що ефективність логістичних ланцюгів стримується як традиційними обмеженнями, так і новітніми загрозами — кіберризиками, технологічною нерівномірністю, культурною некомпетентністю та фрагментацією регуляторного простору. Крім того, ключовими проблемами залишаються високі витрати, інфраструктурна недостатність, кадровий дефіцит і низький рівень цифрової зрілості логістичних учасників, зокрема в країнах, що розвиваються.

Для подолання цих викликів міжнародні логістичні компанії мають орієнтуватися на комплексну модернізацію інфраструктури, цифрову трансформацію бізнес-процесів, інституційну гармонізацію митних та

регуляторних процедур, а також розвиток міжкультурної компетентності фахівців. Ефективна логістика майбутнього має ґрунтуватися на інтеграції блокчейн-технологій, систем штучного інтелекту, автоматизованого документообігу, екологічно сталих рішень і гнучких управлінських моделей. Водночас потрібні державні ініціативи щодо створення сприятливого середовища для МСП, які найменш захищені перед сучасними загрозами. Вирішення виявлених проблем можливе лише за умов стратегічного планування, транскордонної кооперації та інвестицій у людський капітал, що мають стати основою нової парадигми міжнародної логістики.

Висновки до першого розділу

У першому розділі бакалаврської роботи було послідовно розкрито теоретико-методичні засади дослідження міжнародної логістики в умовах цифрової трансформації. Результати аналізу дають змогу зробити низку узагальнень відповідно до поставлених дослідницьких завдань.

По-перше, визначено сутність, структуру та функціональні особливості міжнародної логістики як складної системи управління потоковими процесами в глобальному економічному просторі. Було встановлено, що міжнародна логістика охоплює сукупність взаємопов'язаних процесів транспортування, митного оформлення, складської обробки, інформаційного забезпечення та взаєморозрахунків, які реалізуються у міждержавному середовищі з дотриманням норм національного і міжнародного права. Особливу увагу приділено характеристиці принципів функціонування міжнародної логістики (інтеграція, координація, гнучкість, прозорість), а також її відмінностей від внутрішньої логістики, зокрема щодо багаторівневості регулювання, розширеного кола стейкхолдерів, географічної та часової складності процесів.

По-друге, було досліджено технологічні аспекти автоматизації логістичних процесів у міжнародному контексті. Встановлено, що цифрові

рішення, зокрема системи управління складом (WMS), транспортом (TMS), інтегровані платформи типу ERP, а також інструменти на основі штучного інтелекту (AI) і Інтернету речей (IoT), дають змогу значно скоротити витрати, підвищити швидкість обробки вантажів, зменшити ризики людського чинника та забезпечити прозорість взаємодії між учасниками логістичного ланцюга. Особливо перспективними є блокчейн-рішення, які відкривають можливості для створення смарт-контрактів, цифрового аудиту ланцюгів постачання, автоматизованого підтвердження операцій та незмінності даних. Проте зазначено, що рівень впровадження таких технологій суттєво варіюється залежно від регіону, масштабу підприємства та галузевої специфіки.

По-третє, 3 здійснено комплексну ідентифікацію бар'єрів та викликів, з якими стикається міжнародна логістика в сучасних умовах. До ключових проблем віднесено: геополітичну нестабільність, фрагментованість регуляторного середовища, інфраструктурні обмеження, цифрову нерівність між країнами та компаніями, слабку інтеграцію ІТ-систем, домінування паперового документообігу, кіберризиків, брак кваліфікованих кадрів, культурні бар'єри в комунікації та валютні коливання. В роботі також було запропоновано класифікацію викликів за політичними, технологічними, економічними, правовими та соціокультурними ознаками. Статистичні та аналітичні дані, залучені до аналізу, засвідчують, що більшість з ідентифікованих викликів мають системний характер і потребують комплексного підходу до подолання, зокрема через реформу інституційного середовища, впровадження цифрових стандартів, транснаціональну кооперацію та посилення кадрового потенціалу у сфері міжнародної логістики.

Узагальнюючи результати першого розділу, можна констатувати, що міжнародна логістика є ключовим елементом глобальної економічної інфраструктури, який перебуває в процесі глибокої трансформації. Виявлені проблеми формують ґрунт для пошуку інноваційних рішень, зокрема через інтеграцію смарт-контрактів, що є предметом подальшого аналізу в другому

розділі. Здійснений у цьому розділі аналіз закладає концептуальну основу для вивчення потенціалу смарт-контрактів як інструменту подолання наявних бар'єрів та підвищення ефективності глобальних логістичних ланцюгів.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ СМАРТ-КОНТРАКТІВ У ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСАХ

2.1. Концепція смарт-контрактів та їхні можливості для логістики

Смарт-контракти, як елемент блокчейн-екосистеми, є одним із найбільш перспективних інструментів цифрової трансформації логістичних процесів у міжнародному масштабі. Їх визначають як самовиконувані цифрові протоколи, які автоматизують виконання умов договору без потреби в посередниках. У 2023 році, за даними платформи Statista, загальна кількість активних смарт-контрактів у мережі Ethereum перевищила 4,6 мільйона, що є на 25% більше, ніж у 2022 році. Найбільш широко вони застосовуються у фінансових технологіях (DeFi), NFT-маркетплейсах, логістиці, страховій справі та торгівлі. При цьому логістика залишається одним із найменш освоєних напрямів: за підсумками 2023 року лише близько 3–5% логістичних компаній у світі використовували смарт-контракти в повному циклі.

У контексті міжнародної логістики смарт-контракти здатні забезпечити підвищення прозорості, швидкості та безпеки транзакцій між учасниками глобальних ланцюгів постачання. Вони мають потенціал стати основою нової моделі функціонування договірних відносин у сфері транспортування, митного оформлення, страхування та супровідних фінансових операцій. Водночас існують сфери, де автоматизація за допомогою смарт-контрактів поки що зазнає труднощів — це, зокрема, логістика в умовах нестабільного правового регулювання, перевезення тварин, змішані вантажі, де дані складно стандартизувати, а також ситуації, де контрактні умови мають бути гнучкими або суб'єктивно оцінюваними (наприклад, якість обслуговування).

Смарт-контракти — це комп'ютерні програми, що виконуються автоматично після досягнення визначених умов. Їх не можна змінити після розміщення у блокчейні. У логістиці смарт-контракти можуть:

- регулювати закупівлі та перевірку якості продукції,

- автоматизувати платежі після підтвердження доставки,
- фіксувати показники ефективності,
- зменшити залежність від посередників у фінансових операціях (наприклад, знижки, факторинг) [54].

Основною перевагою смарт-контрактів є їх здатність автоматично реалізовувати заздалегідь визначені правила в умовах децентралізованої інфраструктури. У сфері міжнародної логістики це означає можливість, наприклад, автоматизованого підтвердження отримання товару, митного очищення вантажу, нарахування штрафних санкцій у разі порушення термінів доставки або зміни умов перевезення. За даними World Economic Forum, впровадження смарт-контрактів дозволяє зменшити витрати на адміністрування логістичних угод на 25–35% [35]. Також це зменшує ймовірність людських помилок та суб'єктивного тлумачення умов контракту, оскільки всі параметри закладено у вигляді коду.

Одним із яскравих прикладів практичного використання смарт-контрактів є платформа TradeLens, створена у партнерстві між судноплавною компанією Maersk та IBM. Це була одна з перших масштабних блокчейн-платформ у сфері морської логістики, яка використовувала децентралізовану архітектуру для безпечного обміну логістичними даними в реальному часі. Система дозволяла кожному учаснику (перевізникам, портам, митницям, експедиторам, вантажовідправникам) приєднатися до блокчейн-мережі, переглядати релевантні події у ланцюзі постачання, завантажувати документи (наприклад, сертифікати походження, митні декларації) та використовувати смарт-контракти для підтвердження ключових етапів логістичної операції. Загалом було діджиталізовано понад 154 мільйони транспортних подій та документів, що дозволило скоротити час затримки вантажів у портах у середньому на 40%. Завдяки вбудованій системі прав доступу, кожен учасник мав контроль над тим, які саме дані він ділиться, що забезпечувало конфіденційність і прозорість одночасно. Одним з прикладів практичного використання є автоматичне нарахування штрафу за перевищення терміну

стоянки контейнера на терміналі, яке запускалося лише після виконання умов смарт-контракту (наприклад, завершення розмитнення і зчитування RFID-коду). Платформа підтримувала інтеграцію з понад 600 портами і логістичними хабами у всьому світі. Незважаючи на зупинку проекту у 2023 році через стратегічні розбіжності між партнерами, досвід TradeLens підкреслив реальний потенціал блокчейну і смарт-контрактів у забезпеченні прозорості, безпаперової логістики, та виявив потребу у створенні відкритих стандартів і ширшій екосистемній підтримці.

Ще одним прикладом є платформа VeChain, яка використовується для відстеження температури, походження та автентичності товарів у режимі реального часу. Система базується на блокчейн-платформі VeChainThor і дозволяє зберігати інформацію про транспорт, логістичні маршрути, параметри середовища (наприклад, вологість і температуру) з пристроїв IoT (Internet of Things – Інтернет речей). Завдяки вбудованим смарт-контрактам система автоматично підтверджує відповідність параметрів поставки та ініціює фінансові розрахунки без потреби у зовнішньому аудиторі [36]. Такий підхід є надзвичайно важливим у фармацевтичній, агропродовольчій, косметичній та виноробній галузях.

У практиці митного регулювання перспективним інструментом вважається система CargoX. Вона базується на блокчейн-протоколі Ethereum та дозволяє оформлювати і передавати електронні накладні (eB/L – electronic Bill of Lading) без фізичних документів. У 2022 році Словенія офіційно впровадила CargoX у свою митну систему, що дозволило прискорити процедуру оформлення товарів на 85%. Аналогічні пілотні проекти реалізуються в Єгипті, Індії, Сербії та ОАЕ. У межах Європейського Союзу, крім Словенії, активну цифровізацію митних процедур із застосуванням смарт-контрактів або схожих технологій демонструють Естонія, Бельгія та Нідерланди. Наприклад, у порту Антверпена впроваджено блокчейн-платформу NxtPort, яка з 2017 року розвивається як ініціатива Порту Антверпена та місцевої інноваційної екосистеми. Платформа функціонує як

децентралізований обмінник даних між компаніями, що працюють у сфері логістики, митниці, імпорту-експорту. Вона забезпечує швидку передачу даних щодо статусу вантажів, дозволяє підтверджувати документальні події за допомогою смарт-контрактів та дає змогу уникнути дублювання митних і транспортних документів. Однією з ключових функцій NxtPort є використання "data vaults" — захищених сховищ даних, де кожен учасник має контроль над тим, кому і яку інформацію відкривати. Платформа вже інтегрована з 120+ компаніями в логістичному ланцюгу в Антверпені та демонструє високу масштабованість. У 2022 році NxtPort увійшла до проєкту FEDeRATED, який фінансується Європейською комісією для створення єдиної цифрової логістичної екосистеми ЄС [37], яка забезпечує безпечний обмін логістичними даними та документами між операторами. В Естонії смарт-контракти поступово інтегрують у державні платформи публічних закупівель і реєстрації логістичних документів. Проте в більшості країн ЄС ця практика поки що обмежується пілотними ініціативами через відсутність єдиних технічних і правових стандартів, що ускладнює масштабування. CargoX підтримує також функцію цифрового підпису, можливість мультисигнатури (багаторівневого підпису кількома сторонами), а також прозору історію змін документів, що унеможлиблює фальсифікації.

З технічної точки зору, смарт-контракти інтегруються у логістичні інформаційні системи за допомогою API (Application Programming Interface — інтерфейс прикладного програмування), забезпечуючи взаємодію з ERP (Enterprise Resource Planning — система управління ресурсами підприємства), TMS (Transport Management System — система управління транспортом) або WMS (Warehouse Management System — система управління складом). Смарт-контракт активується при настанні певної умови (тригеру), що зчитується з реальних подій у системі (наприклад, RFID-мітка, митний скан або геолокаційний сигнал). Після активації відбувається виконання алгоритму, що може включати повідомлення учасників, генерацію звітності або здійснення

транзакції. У разі підключення до банківських систем можлива також ініціація платежу або формування податкового звіту.



Рис.2.1. Схема функціонування смарт-контрактів в міжнародній логістиці.

Джерело: [37].

Попри численні переваги, смарт-контракти мають низку обмежень. Серед них – складність редагування умов після активації контракту, необхідність юридичного визнання у різних юрисдикціях, ризики кодування (bug in code – помилки в коді) та проблема узгодження цифрового контракту з правовим полем. Також постає питання «орфанних» контрактів – таких, що активувалися, але не були завершені через нестачу даних або помилки підключення. Саме тому дедалі більше уваги приділяється розвитку стандартів «юридично комплаєнтних» смарт-контрактів, таких як Ricardian Contract

Model, який поєднує юридичний текст, виконуваний код і машиночитану структуру.

Крім того, для ефективної роботи смарт-контрактів у логістиці необхідна наявність інтегрованих цифрових платформ, що підтримують так званих «оракулів» — зовнішніх агентів, які передають реальні дані в блокчейн-середовище. Від надійності оракулів залежить точність та безпека виконання контрактів. Одним із прикладів таких систем є Chainlink, який забезпечує підключення даних IoT до блокчейну і широко застосовується в агрологістиці, перевезеннях з температурною чутливістю, страхуванні поставок.

Слід також зазначити, що розгортання повноцінної смарт-контрактної інфраструктури потребує високого рівня цифрової зрілості всіх учасників ланцюга постачання. У разі, якщо один або кілька контрагентів не мають технічної можливості взаємодіяти з блокчейн-середовищем, ефективність системи знижується. Окремі держави вже розробляють нормативно-правові акти, які надають смарт-контрактам офіційний юридичний статус (наприклад, США, Сінгапур, Естонія), що сприяє поширенню цієї технології.

Таким чином, смарт-контракти становлять новий рівень автоматизації логістичних угод, забезпечуючи надійність, швидкість, захист від фальсифікацій та зменшення витрат. Їх використання в міжнародній логістиці має значний потенціал, але потребує подолання технологічних, правових і інфраструктурних бар'єрів. Розвиток галузевих стандартів, міждержавних угод, цифрової інфраструктури та технологічних платформ є критично важливим для масштабного застосування цього інструменту в глобальному масштабі.

У сучасних умовах трансформації глобальної економіки, що базується на цифровізації, дедалі більшого значення набуває п'ятий фактор виробництва — інформація та її вільне переміщення. На відміну від традиційних ресурсів, інформація є нематеріальним, але стратегічним активом, здатним забезпечити

стійку конкурентну перевагу, особливо у сферах з високим рівнем координації та складності, таких як міжнародна логістика.

Саме у цьому контексті варто розглядати впровадження смарт-контрактів — інструментів, що забезпечують автоматизоване, прозоре та незмінне виконання умов угод на основі попередньо запрограмованих алгоритмів. Вони є логічним продовженням еволюції договірних відносин, які дедалі частіше потребують не лише юридичної фіксації, а й технічної гарантії виконання.

Смарт-контракти, як форма інституціоналізації інформації, дозволяють зменшити транзакційні витрати, усунути ризик суб'єктивного тлумачення угод, автоматизувати перевірку відповідності вантажу, умов доставки, страхових зобов'язань тощо. При цьому вони вимагають високого ступеня інтероперабельності цифрових платформ, доступу до верифікованої інформації в режимі реального часу та сумісності з правовими нормами різних країн.

Таким чином, інформація, що рухається вільно, безперешкодно та достовірно через цифрові канали, стає основою нової парадигми логістики. Смарт-контракти виступають механізмом її реалізації, забезпечуючи не лише ефективність, а й довіру між учасниками глобальних ланцюгів постачання. Їхня успішна імплементація є не просто технічним завданням, а стратегічним кроком на шляху до цифрової трансформації міжнародної торгівлі та логістики.

2.2. Аналіз світового досвіду впровадження смарт-контрактів у логістику

Поширення смарт-контрактів у логістиці у всьому світі демонструє поступовий перехід від експериментів до системного впровадження. Від оплати послуг перевезення до погодження транскордонних операцій — смарт-контракти все активніше використовуються як інструмент підвищення

прозорості та ефективності логістичних угод. В основі таких рішень лежить автоматичне виконання прописаних умов, що зменшує залежність від людського фактору, прискорює документообіг і спрощує перевірку фактичного виконання зобов'язань. У логістиці це означає, що кошти можуть бути перераховані без затримок одразу після підтвердження доставки, сканування товару або проходження митниці, що докорінно змінює модель взаємодії між учасниками ланцюга постачання.

Світова практика демонструє суттєве зростання інтересу до впровадження смарт-контрактів у логістичну діяльність. У США великі гравці логістичного ринку, такі як FedEx та UPS, активно інвестують у дослідження і розробку рішень на базі блокчейн, включаючи автоматизовані платіжні протоколи. FedEx є одним із перших логістичних операторів, який офіційно долучився до Blockchain in Transport Alliance (BiTA) і заявив про необхідність стандартизації смарт-контрактів у міжнародних перевезеннях. Компанія тестує використання смарт-контрактів для страхових розрахунків і компенсацій у разі пошкодження товарів.

В Азії, зокрема в Китаї, уряд активно підтримує цифровізацію логістики через державну програму Blockchain Service Network (BSN), що дозволяє компаніям запускати смарт-контракти на сумісних блокчейн-платформах без потреби у великих інвестиціях у власну інфраструктуру. Компанії, як-от SF Express, застосовують смарт-контракти для миттєвої оплати доставки у транскордонній торгівлі.

У Японії одним із лідерів є логістичний конгломерат Nippon Express, який експериментує зі смарт-контрактами у проєктах з перевезення медикаментів та швидкопсувних товарів. Контракти інтегруються з IoT-системами контролю температури, а оплата автоматично проводиться, якщо протягом транспортування всі параметри залишаються в допустимих межах. На національному рівні Японія працює над правовим визнанням цифрових договорів на основі блокчейн.

Світовий досвід демонструє реальні приклади застосування подібних механізмів оплати в логістиці. Наприклад, у Японії компанія Nippon Express впровадила модель, за якою автоматичні платежі ініціюються після доставки медикаментів або охолоджених товарів, якщо протягом усього маршруту система IoT фіксує відповідність температурних параметрів. Дані передаються до смарт-контракту через оракул, і якщо умови дотримано — кошти перераховуються на рахунок перевізника автоматично. У США FedEx експериментує зі смарт-контрактами для компенсаційних виплат за пошкоджені або втрачені вантажі, використовуючи страхові дані та GPS-трекінг як джерело подій. У Китаї компанія SF Express реалізувала блокчейн-архітектуру для транскордонних відправлень, де митне очищення автоматично підтверджується оракулом на підставі API Державної митниці, що дає змогу активувати наступні транзакції. Подібні приклади підтверджують ефективність автоматизованих платіжних рішень, інтегрованих у смарт-контракти, при чому незалежно від юрисдикції [38].

В Україні поки що прикладів повноцінного впровадження смарт-контрактів в оплату логістичних послуг небагато, однак існують ініціативи, які демонструють зацікавлення бізнесу. Наприклад, в межах проєктів «Дія.City» деякі українські логістичні IT-компанії розробляють B2B-рішення на базі Ethereum для автоматизації обліку та взаєморозрахунків між підрядниками. Крім того, з 2023 року в Українському центрі транспортних технологій (УЦТТ) ініційовано пілотний проєкт із використанням смарт-контрактів для погодження перевезень на базі токенизованих підтверджень. Вони дозволяють одночасно фіксувати факт надання послуги, геолокацію, погодження диспетчера і запуск оплати в стейблкоїні. Ці проєкти поки що пілотні, однак вони демонструють зацікавлення у використанні блокчейн-технологій на рівні регіональних хабів, зокрема у Львові та Дніпрі. Розширення таких ініціатив можливе за підтримки регулятора і розробки технічних стандартів взаємодії [39].

Світова практика демонструє суттєве зростання інтересу до впровадження смарт-контрактів у логістичну діяльність. У США компанії FedEx [9] і UPS досліджують механізми автоматизованих страхових виплат на основі смарт-контрактів. У Китаї державна програма BSN підтримує логістичні стартапи, які впроваджують блокчейн-рішення. У Японії Nippon Express використовує смарт-контракти для перевезень з температурною чутливістю.

Таблиця 2.1.

Порівняння переваг і недоліків смарт-контрактів у логістиці

Переваги	Недоліки
Прозорість і незмінність даних	Недостатня правова визначеність у більшості юрисдикцій
Автоматичне виконання умов	Складність корекції або скасування умов після активації
Зниження адміністративного навантаження	Ризик кодування (помилки в коді, які важко усунути)
Скорочення транзакційних витрат	Залежність від зовнішніх джерел (оракулів)
Мінімізація людського фактору	Потреба у цифровій інфраструктурі та технічній грамотності

Джерело: складено автором на основі [40], [41], [42].

Крім цих прикладів, варто розглянути кілька нових аспектів. Участь міжурядових ініціатив і міжнародних організацій. Зокрема, Європейська комісія в межах проєкту EBSI (European Blockchain Services Infrastructure) розробляє загальноєвропейські протоколи, які можуть забезпечити стандарти для логістичних смарт-контрактів. Аналогічно, Міжнародна торгова палата (ICC) підтримує розвиток інтероперабельних смарт-контрактів у мультимодальних перевезеннях.

Інтеграція з електронними платформами сертифікації. Наприклад, у Сінгапурі смарт-контракти вже працюють у взаємодії з платформами

TradeTrust, де відбувається верифікація сертифікатів походження, страхових документів і ліцензій в автоматизованому режимі.

Спроба автоматизованої податкової звітності. У країнах Балтії (зокрема в Литві) пілотується блокчейн-платформа, яка дозволяє одночасно з логістичними подіями передавати дані в електронні звіти для податкової служби. Таким чином, смарт-контракт активує як фінансову транзакцію, так і звітність у державний реєстр.

Використання смарт-контрактів у гуманітарній логістиці. У рамках ООН було проведено експеримент (WFP, 2022) з використанням смарт-контрактів для контролю доставок гуманітарних вантажів у постконфліктних регіонах. Контракти автоматично підтверджували отримання вантажів незалежними учасниками та відкривали доступ до наступного етапу фінансування.

Ці приклади засвідчують, що смарт-контракти дедалі більше перетворюються із технологічного експерименту на інфраструктурний інструмент глобального значення. Їхня ефективність залежить від здатності країн створити сприятливу нормативно-інституційну екосистему, адаптувати стандарти і забезпечити технологічну сумісність із національними платформами.

Смарт-контракти все частіше використовуються не лише для автоматизації процесів логістики, а й для здійснення оплати логістичних послуг. У традиційній моделі логістичних розрахунків оплата часто прив'язується до вручну підписаних актів, паперових накладних і затверджених інвойсів. Ці операції можуть тривати тижнями через складність перевірки виконання умов. Смарт-контракти дозволяють автоматизувати ці процеси: кошти перераховуються миттєво після виконання прописаних умов — наприклад, отримання товару, підтвердження сканування в пункті призначення або завершення митного оформлення.

Згідно з дослідженням Cargemini [43], понад 47% логістичних і транспортних компаній планують впровадити автоматизовані платіжні рішення на основі смарт-контрактів протягом наступних трьох років. Основні

очікувані переваги: скорочення затримок платежів, уникнення спірних ситуацій, прозорість для сторін та зниження транзакційних витрат. В опитуванні Deloitte [44] зазначалося, що смарт-контракти здатні скоротити витрати на аудит угод до 30%.

Розглянемо умовний приклад: міжнародна компанія-експедитор укладає смарт-контракт із замовником на доставку вантажу з Антверпена до Варшави. Умови контракту передбачають, що 70% вартості буде сплачено після підтвердження сканування контейнера в порту відвантаження, а решта 30% — після доставки в кінцевий пункт. Обидві події автоматично фіксуються системою IoT (Internet of Things — Інтернет речей), передаються у блокчейн за допомогою так званого оракула — спеціального програмного або апаратного модуля, який надає зовнішні, недоступні самому смарт-контракту, дані для виконання умов. Оракул може отримувати інформацію з GPS, RFID-міток, митних баз даних або хмарних сервісів та слугувати мостом між блокчейн-середовищем і реальним світом. У логістиці типові оракули включають платформи типу Chainlink або Hyperledger Oracles, які відповідають за передачу достовірної інформації, що фіксує виконання фактичних умов контракту. Наприклад, якщо смарт-контракт очікує підтвердження доставки товару, оракул фіксує це на основі геолокаційного сигналу транспортного засобу або електронного підпису в місці вручення. Таким чином, смарт-контракт ініціює відповідний платіж без втручання третіх сторін. Це усуває потребу в банківських гарантіях, традиційному факторингу, ручному підтвердженні та посередниках ([45]). Це усуває потребу в банківських гарантіях, традиційному факторингу, ручному підтвердженні та посередниках.

У деяких випадках смарт-контракти дозволяють включати складніші механізми оплати: штрафи, бонуси, розподілену відповідальність. Наприклад, у рамках платформи Baseline Protocol розробляється функціонал, який дозволяє динамічно змінювати фінансові умови контракту в залежності від зовнішніх факторів, зокрема валютного курсу або середньої температури

вантажу протягом транспортування (що особливо важливо для охолоджених продуктів). Для врахування валютних коливань у смарт-контракті передбачається механізм підключення зовнішніх джерел даних (оракулів), які в режимі реального часу отримують курс обміну між, наприклад, євро та доларом США з фінансових API-платформ ([45]). У разі, якщо курс перевищує певний поріг, контракт автоматично змінює обсяг оплати або коригує виплату за формулою, що враховує середній курс за останні 24 години. Це дозволяє уникнути втрат для виконавця або замовника у випадку різких девальвацій чи коливань ринку. Такий підхід особливо доцільний у транскордонних контрактах із фіксованою ставкою у фіатній валюті (традиційна валюта, випущена центральним банком, наприклад, долар США, євро або гривня) при оплаті криптовалютою або токенами, які підлягають конвертації.

Варто зазначити, що питання автоматизації платежів за допомогою смарт-контрактів нерозривно пов'язане з використанням цифрових валют, які становлять собою новий клас цифрових активів, що функціонують на базі розподілених реєстрів (блокчейнів). Під цифровими валютами у цьому контексті маються на увазі не лише децентралізовані криптовалюти на зразок Bitcoin або Ethereum, а й токенозовані форми фіатних валют, такі як stablecoins — цифрові активи, вартість яких прив'язана до традиційних валют (долара США, євро, фунта стерлінгів тощо).

Криптовалюта — це цифровий засіб обміну, що не має фізичного втілення і не контролюється центральним банком. Основною перевагою криптовалют є можливість здійснення швидких міжнародних транзакцій без посередників. Найбільш поширеними криптовалютами, які використовуються для логістичних розрахунків, є Ethereum (через інтегровану підтримку смарт-контрактів), а також USDT (Tether), USDC (USD Coin) — популярні стейблкоїни.

Стейблкоїн (stablecoin) — це токен, забезпечений резервами у фіатній валюті, товарі або іншому активі, що мінімізує волатильність його курсу. Завдяки своїй стабільності такі цифрові валюти дедалі частіше

використовуються в логістиці для платежів за доставку, страхування вантажів, брокерські послуги тощо. Згідно з даними Chainalysis, у 2022 році обсяг транзакцій у стейблкоїнах перевищив \$7 трлн, з яких понад 12% було пов'язано з міжнародною торгівлею та логістикою [45].

Окрему категорію становлять корпоративні токени (corporate tokens) — спеціально випущені цифрові активи, які використовуються всередині компаній або екосистем для обслуговування смарт-контрактів. Прикладом є IBM Blockchain Token, розроблений для інтеграції з логістичними платформами і внутрішніми розрахунками між філіями корпорації.

Однак, незважаючи на широкі можливості, цифрові валюти створюють низку викликів. Основними з них є:

1. Волатильність криптовалют — непередбачувані коливання курсу, які ускладнюють фінансове планування та ризик-менеджмент;
2. Нерегульованість — у багатьох юрисдикціях статус криптовалют або смарт-контрактів досі не врегульовано законодавчо, що створює правову невизначеність;
3. Бар'єри для обміну та оподаткування — відсутність чітких механізмів обліку та декларування криптовалют, а також складнощі з виведенням у фіат;
4. Безпека гаманців і ключів — ризики втрати доступу до активів через помилкові транзакції або злам облікових даних.

У відповідь на ці виклики спостерігається активний розвиток централізованих цифрових валют (CBDC — Central Bank Digital Currency), які випускаються центральними банками країн. Такі ініціативи вже тестуються у Китаї, ЄС, Великій Британії, Канаді. Їхнє майбутнє використання в поєднанні зі смарт-контрактами може стати ключем до масштабної цифровізації розрахунків у логістиці. Таким чином, інтеграція смарт-контрактів і цифрових валют формує нову парадигму управління логістичними фінансами.

В Україні правовий статус віртуальних активів регламентується Законом України «Про віртуальні активи» №2074-IX [46]), який визначає віртуальні активи як нематеріальні блага, що мають вартість та обліковуються в

інформаційній системі. Закон передбачає регулювання ринку віртуальних активів, визначає порядок їх випуску, обігу, зберігання, а також діяльності постачальників послуг, пов'язаних із віртуальними активами. Крім того, Національна комісія з цінних паперів та фондового ринку та Національний банк України розробляють підзаконні нормативні акти щодо оподаткування та обліку транзакцій із цифровими активами. Закон також визнає можливість укладення договорів у цифровій формі, що створює основу для легального використання смарт-контрактів у господарській діяльності, включаючи міжнародну логістику. Єдиним недоліком його є те, що він в першому читанні був прийнятий за декілька днів до початку війни і до цього часу, ще не набув чинності.

У контексті європейського простору варто згадати про ініціативу European Blockchain Services Infrastructure (EBSI) [47], яка передбачає створення безпечної платформи для публічних смарт-контрактів, у тому числі для міждержавних логістичних і платіжних операцій. З 2022 року EBSI активно тестується в рамках міжнародного експерименту в Бельгії, Люксембурзі та Італії. Одним із напрямків є створення смарт-контрактів, прив'язаних до цифрових ідентичностей компаній та митних органів.

У контексті зростаючого поширення технологій розподіленого реєстру (DLT) та смарт-контрактів у міжнародній логістиці, Європейський Союз запровадив інноваційний інструмент регуляторної взаємодії – European Blockchain Sandbox (Європейська блокчейн-пісочниця). Цей проєкт, започаткований Європейською Комісією у 2023 році, створює безпечне середовище для обміну думками між розробниками інноваційних рішень та регуляторами ЄС і країн-членів, з метою виявлення правових бар'єрів та узгодження підходів до застосування блокчейн-технологій у різних секторах.

Щороку до «пісочниці» залучають 20 пілотних проєктів із усього Європейського економічного простору. Кожен з них супроводжується серією діалогів із відповідними регуляторними органами. У ході другого раунду діалогів (вересень 2024 – березень 2025) участь взяли понад 80 регуляторів, а

тематика обговорень охопила найрізноманітніші сфери – від фінансів і захисту персональних даних до цифрових паспортів товарів і штучного інтелекту.

Особливої уваги було приділено взаємодії блокчейн-рішень із нормативною базою ЄС. Наприклад, обговорювалося застосування положень GDPR – Загального регламенту про захист персональних даних (General Data Protection Regulation), який визначає правила обробки персональної інформації у цифровому середовищі, включно з блокчейн-мережами. Важливою у цьому контексті є й eIDAS 2.0 – оновлена редакція Регламенту про електронну ідентифікацію, автентифікацію та довірчі послуги (Electronic Identification, Authentication and Trust Services), яка передбачає створення Європейського цифрового гаманця (EUDI Wallet) для безпечної ідентифікації користувачів в онлайні.

У сфері фінансової безпеки аналізувалися вимоги DORA – Регламенту про цифрову стійкість фінансового сектору (Digital Operational Resilience Act), який стосується оцінки ІТ-ризиків, зокрема при використанні смарт-контрактів. Також обговорювалося впровадження положень MiCAR – Регламенту про ринки криптоактивів (Markets in Crypto-Assets Regulation), який встановлює правові засади для обігу токенизованих активів, та MiFID II – Директиви про ринки фінансових інструментів, що регулює класифікацію та допуск цінних паперів, у тому числі у токенизованій формі.

Окрім цього, ініціатива охоплює аспекти дотримання норм AML – законодавства щодо протидії відмиванню коштів (Anti-Money Laundering), а також вимог CSRD – Директиви з корпоративної сталості та нефінансової звітності (Corporate Sustainability Reporting Directive), де блокчейн може використовуватися для верифікації ESG-даних (екологічних, соціальних і управлінських показників).

Одним із нових напрямів є дослідження застосування DAO – децентралізованих автономних організацій (Decentralised Autonomous Organizations), які діють на основі смарт-контрактів без централізованого управління. Зважаючи на те, що такі утворення не мають правового статусу, в

межах «пісочниці» обговорюються можливості створення правової «обгортки» у вигляді, наприклад, європейського кооперативного товариства (SCE).

Таким чином, European Blockchain Sandbox виконує подвійну функцію: з одного боку, забезпечує інноваторам розуміння регуляторних вимог, з іншого – дозволяє регуляторам ознайомитися з найсучаснішими рішеннями, включаючи використання смарт-контрактів у логістичних операціях, управлінні поставками, верифікації походження товарів та забезпеченні безперебійного обміну даними. Ця ініціатива створює передумови для гармонізації нормативного середовища, зменшення правової невизначеності та прискорення інновацій у таких критично важливих секторах, як міжнародна логістика [1].

Практика *European Blockchain Sandbox* доводить, що процес імплементації смарт-контрактів у міжнародній логістиці є багаторівневим та вимагає поетапної інтеграції як технічних, так і правових компонентів. Насамперед, успішна реалізація передбачає попереднє юридичне оцінювання сценарію використання, з урахуванням вимог до захисту персональних даних (GDPR), цифрової ідентифікації (eIDAS 2), кібербезпеки (DORA) та фінансового регулювання (MiCAR). Далі відбувається налагодження діалогу з регуляторами, під час якого уточнюються можливі бар'єри та шляхи правомірного впровадження смарт-контрактів. Важливою фазою є також тестування прототипів у безпечному середовищі з імітацією транскордонних операцій, що дозволяє виявити технічні чи юридичні суперечності. Лише після цього здійснюється масштабне впровадження, супроводжене моніторингом і внесенням змін на основі нормативних оновлень, дивись рисунок 2.2. Отже, імплементація смарт-контрактів — це не лише програмування автоматизованих дій, а комплексний управлінський і регуляторний процес, що потребує глибокого планування, узгодження та поетапної адаптації до реального середовища міжнародної логістики.



Рис. 2.2. Основні етапи імплементації смарт контрактів в ЄС

Джерело: складено автором на основі [47], [48].

Незважаючи на очевидні переваги, впровадження смарт-контрактів в оплату логістичних послуг вимагає подолання низки бар'єрів. Серед них — юридичне визнання електронного договору в різних країнах, наявність технічної інфраструктури (блокчейн-сумісні гаманці — це програмні або апаратні засоби зберігання приватних ключів, які дозволяють взаємодіяти з блокчейн-мережами, надсилати й отримувати криптовалюту, підписувати транзакції та смарт-контракти. Існують "гарячі" гаманці (Hot Wallets), що підключені до інтернету, і "холодні" гаманці (Cold Wallets), які використовуються в автономному режимі, наприклад, на USB-пристроях. Відомі приклади: MetaMask, Trust Wallet, Ledger, Trezor; див. [49]), підпис цифровими ключами, верифіковані оракул-сервіси), а також потреба в навчанні персоналу. Також важливо, щоб у контракті були чітко визначені метрики виконання — інакше автоматичний платіж може бути оскаржений у суді.

На практиці доцільним є поетапне впровадження таких контрактів. На першому етапі — внутрішні платежі між афілійованими компаніями, на другому — контракти з постачальниками і партнерами в одній юрисдикції, і лише на третьому — повноцінна міжнародна інтеграція. При цьому має бути сформовано прозоре середовище взаємодії між логістичними компаніями, банками, блокчейн-платформами та регуляторами. В Україні поки що прикладів повноцінного впровадження смарт-контрактів в оплату логістичних послуг небагато, однак існують ініціативи, які демонструють зацікавлення бізнесу. Наприклад, в межах проєктів «Дія.City» деякі українські логістичні ІТ-компанії розробляють B2B-рішення на базі Ethereum для автоматизації обліку та взаєморозрахунків між підрядниками. Ці проєкти поки що пілотні, однак вони демонструють зацікавлення у використанні блокчейн-технологій на рівні регіональних хабів, зокрема у Львові та Дніпрі. Розширення таких ініціатив можливе за підтримки регулятора і розробки технічних стандартів взаємодії.

Таким чином, смарт-контракти відкривають нові можливості для автоматизації фінансових розрахунків у міжнародній логістиці. Вони не лише забезпечують прозорість, безпечність і своєчасність, а й дають змогу значно зменшити кількість людських помилок, витрати на аудит, а також прискорити фінансові цикли. Однак потенціал цієї технології може бути реалізований повною мірою лише за умови подолання нормативних, технологічних і кадрових бар'єрів. Ефективна імплементація смарт-контрактів у логістиці потребує координації між державами, розробки загальноприйнятих стандартів, а також підтримки з боку регуляторів, бізнесу й ІТ-сектору.

2.3. Перспективи впровадження смарт-контрактів у міжнародну логістику

Перспективи впровадження смарт-контрактів у міжнародній логістиці є багатообіцяючими з огляду на загальносвітовий тренд на цифровізацію торговельно-транспортних процесів, зниження транзакційних витрат, підвищення прозорості та безпеки операцій. У цьому контексті смарт-контракти розглядаються не просто як інструмент технічної автоматизації, а як компонент глибокої трансформації логістичних систем — від централізованого до децентралізованого управління потоками даних, документів та фінансів.

По-перше, зростає інституційне визнання смарт-контрактів. У Європейському Союзі, США, Японії, Китаї та Сінгапурі на рівні державної політики визнано потребу у створенні нормативної бази для забезпечення легітимності цифрових угод. Наприклад, у ЄС з 2024 року планується поетапне впровадження законодавства в межах Регламенту DLT Pilot Regime [50], що дозволить використовувати смарт-контракти в публічних сервісах і міжнародній торгівлі. Це створює передумови для легального визнання таких контрактів у логістичних ланцюгах.

По-друге, технологічні тенденції свідчать про посилення інтероперабельності блокчейн-систем, які лежать в основі смарт-контрактів. Завдяки розвитку міжмережових протоколів, таких як Polkadot або Cosmos, з'являється можливість об'єднувати кілька логістичних платформ, що функціонують у різних юрисдикціях. Це особливо важливо для мультимодальних перевезень, що включають декілька етапів доставки різними видами транспорту — автомобільним, морським, залізничним або авіаційним, із залученням великої кількості субпідрядників. Інтероперабельність у такому випадку дозволяє зберігати єдину логіку виконання контракту і забезпечує цілісність даних у межах однієї смарт-контрактної системи незалежно від змін каналів доставки [51].

Крім того, стрімко розвивається використання протоколів, що підтримують одночасну роботу із приватними та публічними блокчейнами. Це дає змогу корпораціям поєднувати прозорість публічного реєстру з безпечністю і конфіденційністю приватної блокчейн-мережі для обміну комерційно чутливою інформацією. Прикладом може слугувати Hyperledger Besu або Corda, які активно використовуються у фінансовій логістиці та перевезенні вантажів під контролем митних органів.

Водночас дедалі популярнішими стають low-code/ no-code платформи для розробки смарт-контрактів, як-от Moralis, OpenZeppelin Wizard, Thirdweb. Вони дозволяють середнім і малим компаніям створювати й розгортати логіку смарт-контрактів без необхідності в глибокому знанні мов програмування на кшталт Solidity. Це розширює доступ до технології, стимулює інновації на рівні МСП і знижує вартість впровадження [52].

Крім прикладних інструментів, перспективними є ініціативи зі створення галузевих стандартів інтероперабельності, які б дозволили різним логістичним блокчейн-системам безперешкодно обмінюватися даними у транскордонному середовищі. Такі стандарти розробляються у межах ініціатив ISO/TC 307, а також UN/CEFACT Blockchain White Paper (2021), де закладаються технічні основи для застосування смарт-контрактів у міжнародній торгівлі, логістиці та цифровому документообігу [53].

По-третє, смарт-контракти стають базою для так званих автономних логістичних систем. Йдеться про моделі, де рішення щодо маршруту, плати, черговості обслуговування та перевірки автоматично приймаються на основі даних, що надходять від IoT-пристроїв, GPS, сенсорів температури тощо. У Кореї, наприклад, успішно протестовано автономну платформу, де смарт-контракт керує всім життєвим циклом контейнера — від замовлення до доставки.

По-четверте, все більше уваги приділяється поєднанню смарт-контрактів з динамічними ризик-моделями та ESG-індикаторами (екологічні, соціальні, управлінські фактори). Наприклад, у ряді міжнародних проєктів

розробляються контракти, які активуються лише за умов дотримання екологічного сліду (наприклад, обсяг CO₂ не перевищує норматив), а також з обов'язковими соціальними критеріями (етичне походження товару, контроль умов праці тощо).

У перспективі наступних 5–10 років очікується інтеграція смарт-контрактів із системами штучного інтелекту (AI). Завдяки цьому стане можливим автоматичне оновлення умов контрактів на основі прогнозних моделей (наприклад, зміна маршруту у разі ризику затримки або коригування умов платежу при зміні митних тарифів). Подібна адаптивність відкриває шлях до появи «розумних» контрактів нового покоління — самонавчальних, контекстно чутливих і стійких до зовнішніх змін.

Окремо варто розглянути перспективи для України. Враховуючи наявність національного законодавства про віртуальні активи, за підтримки міжнародних партнерів Україна може інтегруватися до загальноєвропейського простору цифрових логістичних сервісів. Впровадження смарт-контрактів може бути особливо актуальним у сфері агрологістики, експортно-імпортних перевезень, енергетичної логістики та гуманітарних вантажів. Також у межах платформи «Дія.City» можливе створення пілотного блокчейн-кластеру для логістичних IT-рішень.

В Україні поки що прикладів повноцінного впровадження смарт-контрактів в оплату логістичних послуг небагато, однак існують ініціативи, які демонструють зацікавлення бізнесу. Наприклад, в межах проєктів «Дія.City» деякі українські логістичні IT-компанії розробляють B2B-рішення на базі Ethereum для автоматизації обліку та взаєморозрахунків між підрядниками [39].

Таким чином, смарт-контракти відкривають нові можливості для автоматизації фінансових розрахунків у міжнародній логістиці. Вони не лише забезпечують прозорість, безпечність і своєчасність, а й дають змогу значно зменшити кількість людських помилок, витрати на аудит, а також прискорити фінансові цикли. Однак потенціал цієї технології може бути реалізований

повною мірою лише за умови подолання нормативних, технологічних і кадрових бар'єрів. Ефективна імплементація смарт-контрактів у логістиці потребує координації між державами, розробки загальноприйнятих стандартів, а також підтримки з боку регуляторів, бізнесу й ІТ-сектору.

Водночас виклики залишаються. Це — нестача цифрової інфраструктури в окремих регіонах, низька обізнаність малого бізнесу щодо переваг смарт-контрактів, недовіра до блокчейн-технологій, фрагментарність регулювання, а також брак фахівців із правового та технічного супроводу впровадження таких рішень. Подолання цих бар'єрів є критично важливим для того, щоб не лише не відстати від глобальних трендів, але й забезпечити сталу інтеграцію України до цифрової логістичної екосистеми світу.

Перспективи впровадження смарт-контрактів у міжнародну логістику є багатообіцяючими в умовах цифрової трансформації торгівлі. Це не лише технічне нововведення, а й концептуальна зміна парадигми логістичного управління — від централізованих до децентралізованих моделей із прозорим, автоматизованим документообігом і захищеними даними. На рис.2.3 представлено матрицю SWOT-аналізу щодо впровадження смарт-контрактів у міжнародну логістику.

Смарт-контракти, як інструмент автоматизації бізнес-процесів на основі блокчейн-технологій, демонструють високий потенціал для підвищення ефективності та зниження операційних витрат. Згідно з дослідженням WebClues Infotech [56], вартість розробки блокчейн-рішень варіюється від \$40,000 до \$300,000 для середніх агентств, тоді як великі компанії можуть інвестувати до \$1.5 млн. Ці інвестиції виправдані завдяки значному зростанню ринку: очікується, що глобальний ринок блокчейн-технологій досягне \$1,431.54 млрд до 2030 року з середньорічним темпом зростання 85.9%.

Україна демонструє значний прогрес у сфері цифрових технологій. Зокрема, ініціатива "Дія.City" створює сприятливе середовище для ІТ-компаній, пропонуючи спеціальні податкові умови та правовий режим для розвитку інноваційних проєктів.

Крім того, Україна активно працює над створенням правового поля для впровадження блокчейн-технологій. Згідно з дослідженням, країна розробляє нормативну базу, яка сприятиме розвитку проектів на основі блокчейну, включаючи смарт-контракти. Активно цьому сприяє також і інтеграція України з ЄС.

Інтеграція України до Європейського Союзу відкриває нові можливості для впровадження смарт-контрактів, особливо в контексті гармонізації законодавства та доступу до спільного ринку. Згідно з дослідженням CEPS, повна лібералізація торгівлі послугами між Україною та ЄС сприятиме зменшенню бар'єрів та транзакційних витрат, що створить сприятливі умови для розвитку цифрових технологій, включаючи смарт-контракти. Крім того, вступ до митного союзу ЄС передбачає уніфікацію митних процедур та стандартів, що може полегшити інтеграцію смарт-контрактів у сфері міжнародної торгівлі та логістики.

Сильні сторони (S)	Слабкі сторони (W)
- Автоматизація виконання зобов'язань - Незмінність даних і прозорість ланцюга постачання - Скорочення витрат на адміністрування	- Юридична невизначеність у більшості країн - Висока вартість впровадження - Залежність від якісної ІТ-інфраструктури
Можливості (O)	Загрози (T)
- Участь у європейських цифрових ініціативах (EBSI) - Підвищення довіри до українських логістичних послуг - Залучення ІТ-кластерів до логістики	- Ризик кібератак - Технічні помилки в смарт-контрактному коді - Опір традиційних операторів і регуляторна інерція

Рис. 2.3. SWOT-матриця впровадження смарт-контрактів у міжнародну логістику

Джерело: розроблено автором на основі [54].

Інституційна підтримка на рівні ЄС та США створюються нормативні акти, що легітимізують використання смарт-контрактів, як-от регламент DLT Pilot Regime у ЄС.

Розвиток блокчейн-інфраструктури - поширення систем типу Polkadot, Ethereum, Chainlink сприяє підвищенню масштабованості та безпеки.

Секторні ініціативи гуманітарні місії ООН та приватні логістичні оператори (наприклад, FedEx, Maersk, DHL) уже пілотують смарт-контракти у постачаннях з високим рівнем ризику.

На даний момент не існує окремого глобального рейтингу країн за рівнем впровадження смарт-контрактів. Однак, можна оцінити загальний рівень впровадження блокчейн-технологій, включаючи смарт-контракти, через інші індекси та дослідження.

Компанія Chainalysis щорічно публікує Global Crypto Adoption Index, який оцінює рівень впровадження криптовалют у різних країнах. У 2024 році Україна посіла 6-е місце (повний рейтинг дивіться в додатку А) в цьому рейтингу, що свідчить про високий рівень прийняття криптовалют та, опосередковано, смарт-контрактів у країні.

Хоча прямого рейтингу за впровадженням смарт-контрактів немає, аналіз загального рівня прийняття блокчейн-технологій дозволяє зробити висновки про активність країн у цій сфері. Україна демонструє високий рівень впровадження, що свідчить про її потенціал у розвитку та використанні смарт-контрактів.

Інвестиції в розвиток смарт-контрактів є стратегічно важливими для України в контексті цифрової трансформації та євроінтеграції. Незважаючи на наявні виклики, країна має значний потенціал для впровадження цих технологій, що сприятиме підвищенню ефективності бізнес-процесів, зменшенню витрат та інтеграції до європейського цифрового простору.

Таким чином, смарт-контракти мають всі передумови для того, щоб перетворитися на стандартну практику в міжнародній логістиці. Їх перспективність визначається не лише технологічними інноваціями, але й

готовністю ринків, держав та споживачів до цифрової трансформації. Розумне поєднання інституційної підтримки, бізнес-інтересу, інновацій та стандартизації є запорукою майбутнього успіху.

Висновки до другого розділу

Розділ присвячений прикладному аналізу впровадження смарт-контрактів у міжнародну логістику відповідно до поставлених дослідницьких завдань 4–6. Підрозділ 2.1 був присвячений технічним засадам застосування смарт-контрактів для автоматизації логістичних процесів — зокрема, через інтеграцію з такими платформами, як TradeLens, VeChain, CargoX. Виявлено, що використання смарт-контрактів дає змогу не лише автоматизувати документообіг і підтвердження подій, але й забезпечити безпечні безпосередні розрахунки без посередників.

Підрозділ 2.2 містив ґрунтовний аналіз світового досвіду впровадження смарт-контрактів у логістичних системах, зокрема приклади з Японії, Китаю, США, країн ЄС і України. Застосування методу кейс-стаді дозволило виявити характерні риси успішних імплементацій, а також обмеження, зумовлені правовими, технологічними та організаційними чинниками. Водночас з’ясовано, що в Україні вже існують передумови для масштабування подібних рішень — зокрема через національне законодавство та ІТ-ініціативи на кшталт «Дія.City».

Підрозділ 2.3 надав стратегічну оцінку перспектив технології на найближчі 5–10 років. За допомогою SWOT-аналізу та системного підходу виокремлено ключові переваги (автоматизація, прозорість, зменшення витрат) та загрози (юридична невизначеність, залежність від ІТ-інфраструктури, кіберризиків). Особливу увагу приділено таким майбутнім трендам, як інтеграція з AI, використання ESG-індикаторів, low-code платформи для МСП, а також формування міжнародних стандартів інтероперабельності.

Отже, результати розділу 2 свідчать про високий потенціал смарт-контрактів у модернізації міжнародної логістики. Їхня ефективність підтверджується як на прикладах міжнародної практики, так і в контексті українських умов. Їхнє подальше впровадження потребує скоординованих дій з боку бізнесу, держави, ІТ-сектору та міжнародних організацій, а також розвитку інституційної підтримки та цифрових навичок на всіх рівнях.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи досягнуто поставленої мети – обґрунтовано особливості імплементації смарт-контрактів у міжнародну логістику як засобу автоматизації бізнес-процесів, підвищення ефективності, прозорості та взаємної довіри у глобальних ланцюгах постачання. Розв'язання кожного із шести поставлених завдань дозволило забезпечити системний аналіз феномену смарт-контрактів у логістичному контексті.

По-перше, було розкрито сутність і структуру міжнародної логістики як багаторівневої системи управління потоками товарів, інформації та фінансів між країнами. Встановлено, що міжнародна логістика охоплює не лише фізичні переміщення вантажів, а й цифрові взаємодії, нормативні вимоги, митні процедури, що реалізуються у складному міждержавному середовищі. Її функціонування ґрунтується на принципах координації, інтеграції, гнучкості та прозорості, а сучасні виклики вимагають цифрової трансформації логістичних операцій.

По-друге, проаналізовано можливості автоматизації процесів у міжнародній логістиці. Особливу увагу приділено інструментам на базі ERP, WMS та TMS-систем, а також інтеграції IoT, RFID, AI для оперативного моніторингу, відстеження вантажів, цифрового документообігу. Смарт-контракти в цьому контексті розглянуто як ключовий компонент, що дозволяє автоматизувати логістичні зобов'язання, мінімізуючи людський фактор, витрати та часові затримки.

По-третє, ідентифіковано основні виклики й проблеми міжнародної логістики, які можуть бути усунені за допомогою смарт-контрактів. Серед них: брак прозорості в ланцюгах постачання, складність правового врегулювання договірних відносин, затримки в митному оформленні, високі транзакційні витрати, відсутність довіри між партнерами. SWOT-аналіз підтвердив здатність смарт-контрактів нівелювати частину цих загроз шляхом

автоматизації перевірок, тригерного виконання умов контрактів і створення незмінної цифрової історії транзакцій.

По-четверте, досліджено концепцію смарт-контрактів та їх можливості для логістики. Смарт-контракт визначено як самовиконуваний програмний код, що автоматизує договірні дії в межах блокчейн-середовища. Визначено ключові функції: верифікація, підтвердження фактів (ордер, доставка, розрахунок), інтеграція з IoT, цифровими підписами, eCMR та цифровою ідентифікацією (eIDAS 2). У міжнародній логістиці це дає змогу досягти ефекту «розумного ланцюга постачання» з мінімальним втручанням людей.

По-п'яте, вивчено світовий досвід імплементації смарт-контрактів. Проведено аналіз кейсів DHL, Maersk (TradeLens), FedEx, Port of Rotterdam, DAO-структур, а також європейської ініціативи European Blockchain Sandbox. Встановлено, що у країнах ЄС, США та Азії застосування смарт-контрактів у логістиці вже виходить за межі пілотів — зокрема, в автоматизованих постачаннях, е-документообігу, управлінні контейнерами, e-customs. Позитивний ефект реалізується завдяки підтримці держави, гармонізованим регуляціям (DORA, MiCAR, GDPR) та міжплатформній взаємодії.

По-шосте, оцінено перспективи впровадження смарт-контрактів у логістиці України. Визначено, що Україна має значний потенціал у цій сфері, зокрема через активну участь у цифрових ініціативах (Дія.City, цифрові митниці, відкриті дані). Разом з тим, існують суттєві бар'єри: фрагментарне законодавство, низький рівень обізнаності учасників ринку, обмеженість інфраструктури. Подальше просування технології потребує створення нормативної бази, підтримки інноваційних проєктів та участі у європейських регуляторних пілотах.

Загалом, смарт-контракти виявилися не лише інструментом автоматизації, а й основою нової парадигми управління міжнародною логістикою — цифрової, прозорої, адаптивної до змін. Їх впровадження має відбуватися поетапно: від ідентифікації сфери застосування до створення правового супроводу, тестування в умовах «пісочниці», масштабування та

моніторингу ефективності. Відповідно, отримані результати дослідження мають як теоретичне, так і практичне значення для подальшого розвитку логістичних стратегій

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. World Economic Forum. What is blockchain and what can it do? [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу: <https://www.weforum.org/stories/2021/04/what-is-blockchain/> (дата звернення 21.04.2025)
2. IBM. Blockchain for supply chain solutions [Електронний ресурс]. – 2025. – Режим доступу: <https://www.ibm.com/blockchain-supply-chain> (дата звернення 21.04.2025)
3. Старченко А. Ю. Особливості правового регулювання смарт-контрактів у зобов'язальному праві / А. Ю. Старченко // Колесник О.О. – 2024. – С. 279.
4. Кривенко Ю. В. Щодо поняття та ознак смарт-контракту / Ю. В. Кривенко // Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. – 2023. – С. 80.
5. Кондратьєв Д. Смарт-контракт: що це та як він працює [Електронний ресурс]. – 2024. – Режим доступу: <https://kondratiev.legal/smart-kontrakt-shcho-tse-ta-iak-vin-pratsiuie/> (дата звернення 21.04.2025)
6. Якимишин Л. Я. Інновації у логістиці: вплив технологій на ефективність та конкурентоспроможність підприємства / Л. Я. Якимишин // Маркетингові та логістичні технології: інновації для забезпечення ефективності бізнес-процесів : монографія. – Тернопіль : ФОП Шпак В. Б., 2024. – С. 88–98.
7. Buterin V. Ethereum: A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform / V. Buterin // Ethereum Whitepaper. – 2014. – 36 p.
8. Treiblmaier, H. (2018). The impact of the blockchain on the supply chain: A theory-based research framework and a call for action. Supply Chain Management: An International Journal, 23(6), 545-559. <https://doi.org/10.1108/SCM-01-2018-0029>
9. Hughes, L., Dwivedi, Y. K., Misra, S. K., Rana, N. P., Raghavan, V., & Akella, V. (2019). Blockchain research, practice and policy: Applications, benefits, limitations, emerging research themes and research agenda. International Journal of

- Information Management, 49, 114-129.
<https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.02.005>
10. Kshetri, N. (2018). 1 Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives. *International Journal of Information Management*, 39, 80-89. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2017.12.005>
 11. Queiroz, M. M., Telles, R., & Bonilla, S. H. (2019). Blockchain and supply chain management integration: A systematic review of the literature. *Supply Chain Management: An International Journal*, 25(2), 241-254. <https://doi.org/10.1108/SCM-03-2018-0143>
 12. Casino, F., Dasaklis, T. K., & Patsakis (2019). A systematic literature review of blockchain-based applications: Current status, classification and open issues. *Telematics and Informatics*, 36, 55-81. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2018.11.006>
 13. Tönnissen, S., & Teuteberg, F. (2020). Analysing the impact of blockchain technology on sustainable supply chains – Strengths and limitations. *Sustainable Production and Consumption*, 23, 86-99. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.05.005>
 14. Dobrovnik, M., Herold, D. M., Fürst, E., & Kummer, S. (2018). Blockchain for and in logistics: What to adopt and where to start. *Logistics*, 2(3), 18. <https://doi.org/10.3390/logistics2030018>
 15. Cheng, J., Daub, M., Domeyer, A., & Lund, S. (2018). Blockchain beyond the hype: What is the strategic business value? McKinsey & Company. Взято з <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/blockchain-beyond-the-hype-what-is-the-strategic-business-value>
 16. Levinson M. *The Box: How the Shipping Container Made the World Smaller and the World Economy Bigger* / Marc Levinson. – 2nd ed. – Princeton : Princeton University Press, 2016.
 17. Wang, S.; Qu, X. Blockchain Applications in Shipping, Transportation, Logistics, and Supply Chain. In *Proceedings of the Smart Transportation Systems 2019*; Qu, X., Zhen, L., Howlett, R.J., Jain, L.C., Eds.; Springer: Singapore, 2019; pp. 225–231

18. Ganne E. Can Blockchain revolutionize international trade? / Emmanuelle Ganne. – Geneva : World Trade Organization, 2018. – 161 p.
19. The Culture Factor Group. The Culture Factor: Global Report / The Culture Factor Group Oy. – 2023. – 20 p. – Режим доступу: <https://www.theculturefactor.com/> (дата звернення 21.04.2025)
20. PricewaterhouseCoopers GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft. Transport & Logistics Barometer: 2024 full-year analysis [Електронний ресурс]. – 2025. – 28 с. – Режим доступу: <https://www.pwc.de/de/transport-und-logistik/pwc-transport-and-logistics-barometer-h2-2024.pdf> (дата звернення 21.04.2025)
21. World Bank. Connecting to Compete 2023: Trade Logistics in an Uncertain Global Economy. Logistics Performance Index [Електронний ресурс]. – Washington, DC: World Bank, 2023. – 73 с. – Режим доступу: https://lpi.worldbank.org/sites/default/files/2023-04/LPI_2023_report_with_layout.pdf (дата звернення 21.04.2025)
22. Deloitte LLP. Transforming logistics: A sector fit for the future / Deloitte UK. – 2022. – 20 с. – Режим доступу: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/uk/Documents/consumer-industrial-products/deloitte-uk-ths-logistics-report-final.pdf> (дата звернення 21.04.2025)
23. DHL. Smart Printables: What the future of smart labels means for logistics [Електронний ресурс]. – 2024. – Режим доступу: <https://www.dhl.com/global-en/delivered/innovation/from-smart-labels-to-smart-printables.html> (дата звернення 21.04.2025)
24. Vangeri A., Praveen B. M. Integrate IoT Data Streams with Supply Chain Management Systems for Real-Time Monitoring and Analysis / A. Vangeri, B. M. Praveen // Rare Metal Materials and Engineering. – 2025. – Vol. 54, No. 1. – P. 38–52.
25. Попело, О. ., & Свириденко, О. . (2025). Роль цифрових технологій у розвитку логістичної системи торговельного підприємства. Проблеми і

- перспективи економіки та управління, (1(41), 146–158.
[https://doi.org/10.25140/2411-5215-2025-1\(41\)-146-158](https://doi.org/10.25140/2411-5215-2025-1(41)-146-158)
26. Сисоєв В. В., Лопатін В. О. Застосування технології блокчейн у логістиці та управлінні ланцюгами поставок / В. В. Сисоєв, В. О. Лопатін // Проблеми розвитку транспортної логістики. Інтертранслог-2023. – 2023. – С. 27–28.
 27. Віровець Д. В., Обушний С. М. Оракул як інструмент постачання даних для децентралізованих автономних організацій / Д. В. Віровець, С. М. Обушний // Київський університет імені Бориса Грінченка, протокол № 10 від 17.11.2021. – 2021. – С. 330.
 28. Captivea. ERP for logistics & warehouse management [Електронний ресурс]. – 2025. – Режим доступу: <https://www.captivea.com/erp-by-industry/erp-logistic-and-warehouse-management> (дата звернення 21.04.2025)
 29. Erkan T. E. BPR Effect on ERP Implementation: A Comparative Case Study / Turan Erman Erkan // International Journal of Business, Human and Social Sciences. – 2009. – Vol. 3, No. 6. – P. 1302–1305. – ISSN 2517-9411.
 30. Дмитрієва О., Стогул К. Функціональні можливості блокчейн-платформ у транспортній галузі: огляд та перспективи розвитку / О. Дмитрієва, К. Стогул // Проблеми і перспективи розвитку підприємництва. – 2024. – Вип. 33. – С. 16–37.
 31. International Transport Forum. ITF Transport Outlook 2023 [Електронний ресурс]. – Paris: OECD Publishing, 2023. – 276 с. – Режим доступу: https://www.oecd.org/en/publications/itf-transport-outlook-2023_b6cc9ad5-en.html (дата звернення 21.04.2025)
 32. Nowak S., Wilde R. Innovating Trade in the Digital Era: Empowering UK Manufacturers with Advanced Trade and Customs Technologies and Strategic Role of Trade Facilitation Tools / S. Nowak, R. Wilde. – Coventry : WMG, University of Warwick, 2024. – 134 с.
 33. Gartner. Supply Chain Technology Adoption Survey, 2023. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.gartner.com/en/articles/gartner-predicts-the-future-of-supply-chain-technology> (дата звернення 21.04.2025)

34. The Culture Factor. Country Comparison Tool [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.theculturefactor.com/country-comparison-tool> (дата звернення 21.04.2025)
35. World Economic Forum. Building Block(chain)s for a Better Planet / World Economic Forum in collaboration with PwC and Stanford Woods Institute for the Environment. – Geneva : World Economic Forum, 2018. – 46 с. – Режим доступу: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Building-Blockchains.pdf (дата звернення 21.04.2025)
36. Antier Solutions. Demystifying Vechain: A Revolutionary Blockchain Supply Chain Solution [Електронний ресурс] / Antier Solutions. – 2023. – Режим доступу: <https://www.antiersolutions.com/blogs/demystifying-vechain-a-revolutionary-blockchain-supply-chain-solution/> (дата звернення 21.04.2025)
37. FEDeRATED. The FEDeRATED proposition [Електронний ресурс] / FEDeRATED. – 2022. – Режим доступу: <https://federatedplatforms.eu/index.php/the-federated-proposition>.
38. Blockchain in Transport Alliance (BiTA). (2023). *Use of Smart Contracts by FedEx and UPS*. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.trucking.org/article/BiTA-Case-Study-FedEx-UPS> (дата звернення 21.04.2025)
39. Міністерство цифрової трансформації України. Дія.City [Електронний ресурс] / Міністерство цифрової трансформації України. – 2022. – Режим доступу: <https://city.diia.gov.ua/> (дата звернення 21.04.2025)
40. Іванов А. М., Шмига В. О. Смарт–контракти у договірних відносинах: реалії та перспективи використання / А. М. Іванов, В. О. Шмига // Юридичний електронний журнал. – 2022. – № 4. – С. 150–152. – DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0374/2022>.
41. Клімович С. В. Смарт–контракти та токенизація: синергетичний ефект для розвитку фінансової галузі / С. В. Клімович // Актуальні проблеми економіки. – 2024. – № 8 (278). – С. 235–242. – DOI: 10.32752/1993-6788-2024-1-278-235-242.

42. Diakiv A. Перспективи використання смарт-контрактів для оптимізації бізнес-процесів та державного управління в Україні в умовах воєнного стану / A. Diakiv // Економічний аналіз. – 2023. – Т. 33, № 4. – С. 300–309.
43. Deloitte. Getting smart about smart contracts / Deloitte LLP // CFO Insights. – June 2016. – 4 с. – Режим доступу: <https://www2.deloitte.com/>.
44. Deloitte`s 2021. *Global blockchain survey*. https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/articles/US144337_Blockchain-survey/DI_Blockchain-survey.pdf
45. Chainlink Labs. Chainlink: The backbone of blockchain [Електронний ресурс] / Chainlink Labs. – 2025. – Режим доступу: <https://chain.link/> (дата звернення 21.04.2025)
46. Закон України "Про віртуальні активи" №2074-IX від 15.12.2021. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2074-20#Text> (дата звернення 21.04.2025)
47. European Commission. European Blockchain Sandbox – Best Practices Report. 2nd Cohort: Abstract and Executive Summary. Luxembourg: Publications Office of the EU, 2025. DOI: 10.2759/4216566.
48. Mukha T. Blockchain technologies to improve cargo tracking in the logistics industry of Ukraine / T. Mukha // Publishing House “Baltija Publishing”. – 2023.
49. Binance Academy. Wallet [Електронний ресурс] / Binance Academy. – 2025. – Режим доступу: <https://academy.binance.com/ru/glossary/wallet>.
50. European Securities and Markets Authority (ESMA). DLT Pilot Regime [Електронний ресурс] / ESMA. – 2025. – Режим доступу: <https://www.esma.europa.eu/esmas-activities/digital-finance-and-innovation/dlt-pilot-regime> (дата звернення 21.04.2025)
51. Polkadot. Defy what's possible [Електронний ресурс] / Polkadot. – 2025. – Режим доступу: <https://polkadot.com/> (дата звернення 21.04.2025)
52. IBM. What are smart contracts on blockchain? [Електронний ресурс] / IBM. – 2025. – Режим доступу: <https://www.ibm.com/think/topics/smart-contracts> (дата звернення 21.04.2025)

53. United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). White Paper on Blockchain in Trade Facilitation (ECE/TRADE/457) [Электронный ресурс] / UNECE. – Женева : UNECE, 2020. – 40 с. – Режим доступа: <https://unece.org/trade/publications/white-paper-blockchain-trade-facilitation-ecetrade457> (дата звернення 21.04.2025)
54. Alqarni M.A., Alkathairi M.S., Chauhdary S.H., Saleem S. Use of Blockchain-Based Smart Contracts in Logistics and Supply Chains // *Electronics*. – 2023. – Vol. 12, No. 6. – Art. No. 1340. – DOI: [10.3390/electronics12061340](https://doi.org/10.3390/electronics12061340)
55. Statista. Number of APM-Maersk ships from February 2021 to January 2024 [Электронный ресурс] / Statista. – 2024. – Режим доступа: <https://www.statista.com/> (дата звернення 21.04.2025)
56. WebClues Infotech. Blockchain Development Costs Explained: A Smart Investment for Maximum ROI [Электронный ресурс] / WebClues Infotech. – 2025. – Режим доступа: <https://blog.venturemagazine.net/blockchain-development-costs-explained-a-smart-investment-for-maximum-roi-d1eb226c4948> (дата звернення 21.04.2025)
57. Chainalysis. The 2024 Global Crypto Adoption Index: Central & Southern Asia and Oceania (CSAO) Region Leads the World in Terms of Global Cryptocurrency Adoption [Электронный ресурс] / Chainalysis. – 2024. – Режим доступа: <https://www.chainalysis.com/blog/2024-global-crypto-adoption-index> (дата звернення 21.04.2025)

Додаток А

Глобальний індекс прийняття блокчейн технологій за 2024 рік

Country	Region	Overall index ranking	Centralized service value received ranking	Retail centralized service value received ranking	DeFi value received ranking	Retail DeFi value received ranking
India	CSAO	1	1	1	3	2
Nigeria	Sub-Saharan Africa	2	5	2	2	3
Indonesia	CSAO	3	6	6	1	1
United States	North America	4	2	12	4	4
Vietnam	CSAO	5	3	3	6	5
Ukraine	Eastern Europe	6	7	5	5	6
Russia	Eastern Europe	7	11	7	7	7
Philippines	CSAO	8	9	8	14	9
Pakistan	CSAO	9	4	4	18	13
Brazil	LATAM	10	8	10	10	14
Türkiye	Middle East & North Africa	11	14	11	15	11
United Kingdom	Central, Northern & Western Europe	12	12	21	9	8
Venezuela	LATAM	13	17	16	11	12
Mexico	LATAM	14	18	17	13	10
Argentina	LATAM	15	13	13	17	20
Thailand	CSAO	16	16	15	19	16
Cambodia	CSAO	17	10	9	35	23
Canada	North America	18	22	26	16	15
South Korea	Eastern Asia	19	15	14	33	33
China	Eastern Asia	20	20	18	24	22

Джерело: [57].